



ISSN 2414-438X (Print)
ISSN 2414-441X (Online)

THEORY AND PRACTICE OF MEAT PROCESSING

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПЕРЕРАБОТКИ МЯСА

Vol. II (2), 2016

Федеральное агентство научных организаций
Federal Agency of Scientific Organizations
(FANO of Russia)

Федеральное государственное бюджетное
 научное учреждение «Всероссийский
 научно-исследовательский институт мясной
 промышленности имени В.М. Горбатова»
Federal State Budgetary Scientific Institution
«The V.M. Gorbatov All-Russian Meat
Research Institute»
(FGBNU V.M. Gorbatov VNIIMP).

Теория и практика переработки мяса
Theory and Practice of Meat Processing

Учредитель и издатель: Founder and publisher:
 Федеральное государственное бюджетное
 научное учреждение «Всероссийский
 научно-исследовательский институт мясной
 промышленности имени В.М. Горбатова»

Federal State Budgetary Scientific Institution
«The V.M. Gorbatov All-Russian
Meat Research Institute»

Главный редактор:

Лисицын Андрей Борисович, доктор технических
 наук, профессор, академик РАН, директор ФГБНУ
 «Всероссийский научно-исследовательский
 институт мясной промышленности
 им. В.М. Горбатова», г. Москва, Россия

Заместитель главного редактора:

Чернуха Ирина Михайловна, доктор технических
 наук, профессор, главный научный сотрудник
 ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
 институт мясной промышленности
 им. В.М. Горбатова», г. Москва, Россия

Научный редактор:

Горбунова Наталья Анатольевна, кандидат
 технических наук, ученый секретарь ФГБНУ
 «Всероссийский научно-исследовательский
 институт мясной промышленности
 им. В.М. Горбатова», г. Москва, Россия

Выпускающий редактор:

Захаров Александр Николаевич, кандидат
 технических наук, старший научный сотрудник,
 заместитель директора ФГБНУ «Всероссийский
 научно-исследовательский институт мясной
 промышленности им. В.М. Горбатова»,
 г. Москва, Россия.

Printing Office:

109316, Talalikhina str. 26, Moscow, Russia,
 The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research
 Institute.

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре
 Регистрационные данные:

ПИ № ФС77-60789 от 11.02.2015 года

ЭЛ № ФС 77-60810 от 11.02.2015 года

ISSN 2414-438X (Print)

ISSN 2414-441X (Online)

Редакционная коллегия:

Баженова Баяна Анатольевна, доктор технических наук,
 доцент, профессор кафедры «Технология мясных
 и консервированных продуктов» ФГБОУ ВПО
 Восточно-Сибирский университет технологии
 и управления, г. Улан-Удэ, Россия

Белозеров Георгий Автономович, доктор технических
 наук, научный руководитель ФГБНУ «Всероссийский
 научно-исследовательский институт холодильной
 промышленности», г. Москва, Россия

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных
 наук, профессор, академик РАН, научный руководитель
 ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт
 производства и переработки мясомолочной продукции»,
 г. Волгоград, Россия

Дедерер Ирина, кандидат технических наук, научный
 сотрудник Института Макса Рубнера, Кульбах, ФРГ.

Джорджевич Весна, доктор, исполняющий обязанности
 директора Института гигиены и технологии мяса,
 г. Белград, Сербия

Дунченко Нина Ивановна, доктор технических наук,
 профессор, заведующая кафедрой «Управление качеством
 и товароведения продукции ФГБОУВО «Российский
 государственный аграрный университет имени
 К.А. Тимирязева», Москва, Россия

Жайлаубаев Жанибек Далелович, доктор технических
 наук, член корреспондент АСХН РК, директор СФ
 ТОО «Казахский научно-исследовательский институт
 перерабатывающей и пищевой промышленности»,
 г. Семей, Республика Казахстан

Замарацкая Галя, доктор наук, Шведский
 сельскохозяйственный университет, г. Уппсала, Швеция

Кочеткова Алла Алексеевна, доктор технических
 наук, профессор, руководитель лаборатории пищевых
 биотехнологий и специализированных продуктов ФГБНУ
 «Федеральный исследовательский центр питания,
 биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Мелещеня Алексей Викторович, кандидат экономических
 наук, директор НПРДУП «Институт мясо-молочной
 промышленности», г. Минск, Республика Беларусь

Мирошников Сергей Александрович, доктор
 биологических наук, профессор, директор ФГБНУ
 «Всероссийский научно-исследовательский институт
 мясного скотоводства», г. Оренбург, Россия

Римарева Любовь Вячеславовна, доктор технических
 наук, профессор, чл.-корр. РАН, заслуженный деятель
 науки РФ, заместитель директора Всероссийского научно-
 исследовательского института пищевой биотехнологии —
 филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр
 питания, биотехнологии и безопасности пищи»,
 г. Москва, Россия

Рудь Андрей Иванович, доктор сельскохозяйственных
 наук, главный научный сотрудник отдела генетики,
 биотехнологии и технологии в свиноводстве ФГБНУ
 «Всероссийский научно-исследовательский институт
 животноводства имени академика Л.К. Эрнста»,
 г. Подольск, Россия

Риочи Саката, профессор, университет Аджабу,
 г. Сагамихара, Япония

Семенова Анастасия Артуровна, доктор технических
 наук, профессор, заместитель директора ФГБНУ
 «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной
 промышленности им. В.М. Горбатова», г. Москва, Россия

Тимошенко Николай Васильевич, доктор технических
 наук, профессор, заведующий кафедрой технология
 хранения и переработки животноводческой продукции
 Кубанского ГАУ, г. Краснодар, Россия.

**Федеральное агентство
научных организаций
Federal Agency of Scientific
Organizations
(FANO of Russia)**

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский
институт мясной промышленности
имени В.М. Горбатова»
Federal State Budgetary Scientific Institution
«The V.M. Gorbatov All-Russian Meat
Research Institute»
(FGBNU V.M. Gorbatov VNIIMP)

**Теория и практика переработки мяса
Theory and Practice of Meat Processing**

Учредитель и издатель:

Founder and publisher:

Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский
институт мясной промышленности
имени В.М. Горбатова»
Federal State Budgetary
Scientific Institution
«The V.M. Gorbatov All-Russian
Meat Research Institute»

Editor-in-Chief:

Lisitsyn Andrey Borisovich, doctor of technical sciences, professor, Academician of RAS, Laureate of the state prize of the Russian Federation in the field of science and technique, Director of FGBNU «The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute», Moscow, Russia

Deputy Editor-in-Chief:

Chernukha Irina Mikchailovna, doctor of technical sciences, professor, chief research worker, FGBNU «The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute», Moscow, Russia

Science editor:

Gorbunova Natalia Anatolievna, candidate of technical sciences, Academic Secretary of FGBNU «The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute», Moscow, Russia

Production editor:

Zakharov Aleksandr Nikolaevich, candidate of technical sciences, senior research worker, deputy director of FGBNU «The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute», Moscow, Russia

Printing Office:

109316, Talalikhina str. 26, Moscow, Russia,
The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute.

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре

Регистрационные данные:

ПИ № ФС77-60789 от 11.02.2015 года

ЭЛ № ФС 77-60810 от 11.02.2015 года

ISSN 2414-438X (Print)

ISSN 2414-441X (Online)

Editorial board:

Bazhenova Baiana Anatolievna, doctor of technical sciences, docent, professor of the chair «Meat and canned product technology», FGBOU VPO East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

Belozeroev Georgy Avtonomovich, doctor of technical sciences, Scientific supervisor of FGBNU «The All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry», Moscow, Russia

Gorlov Ivan Fedorovich, doctor of agricultural sciences, professor, academician of RAS, Scientific supervisor of FGBNU «Povolzhskiy Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products», Volgograd, Russia

Dederer Irina, candidate of technical sciences, research worker, Max Rubner-Institut, Kulmbach, Germany.

Djordjevic Vesna, doctor, acting director, the Institute of Meat Hygiene and Technology, Belgrad, Serbia

Dunchenko Nina Ivanovna, doctor of technical sciences, professor, the head of the chair «Product quality management and merchandise knowledge», FGBOUBO Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Zhailaubaev Zhinibek Dalelovich, doctor of technical sciences, corresponding member of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Director of the Semey Branch of the Kazakh Scientific Research Institute for Processing and Food Industry, Semey, The Republic of Kazakhstan

Zamaratskaya Galia, candidate of technical sciences, docent, research worker, the Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden

Kochetkova Alla Alekseevna, doctor of technical sciences, professor, the head of the «Laboratory of food biotechnologies and specialized products», FGBUN «Federal Research Centre of nutrition, biotechnology and food safety», Moscow, Russia

Meliashchenia Aliaksei Viktorovich, candidate of economical sciences, Director of NPRDUP «The Institute of Meat and Dairy Industry» of the Republican Unitary Enterprise «The Scientific-practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for food», Minsk, the Republic of Belarus

Miroshnikov Sergey Alexandrovich, doctor of biological sciences, professor, Director of FGBNU «The All-Russian Research Institute of Beef Cattle», Orenburg, Russia

Rimareva Liubov Vyacheslavovna, doctor of technical sciences, professor, corresponding member of RAS, Honored worker of science of the RF, deputy director of The All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology — branch FGBUN «Federal Research Centre of nutrition, biotechnology and food safety», Moscow, Russia

Rud Andrey Ivanovich, doctor of agricultural sciences, chief research worker of the Department of Genetics, biotechnology and technology in pig of FGBNU «The All-Russian Research Institute for Animal Husbandry named after academician L.K. Ernst» Podolsk, Russia

Ryoichi Sakata, PhD, doctor, professor of agricultural sciences, Azabu University, Sagamihara, Japan

Semenova Anastasiya Arturovna, doctor of technical sciences, professor, Deputy Director of FGBNU «The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute», Moscow, Russia

Timoshenko Nikolai Vasilievich, doctor of technical sciences, professor, the head of the chair «Technology of storage and processing of animal products» of the Kuban State Agrarian University (Kub SAU), Krasnodar, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

Чернуха И.М., Федулова Л.В.,
Котенкова Е.А., Шишкин С.С., Ковалев Л.И.
ВЛИЯНИЕ АВТОЛИЗА НА ПРОТЕОМНО-
ПЕПТИДНЫЙ ПРОФИЛЬ СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ
И АОРТЫ *Bos taurus* и *Sus scrofa*.....4

Евтушенко А.М., Красуля О.Н.,
Крашенинникова И.Г.
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ
ВАРЕННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОНОХИМИЧЕСКИХ
ТЕХНОЛОГИЙ 10

Дибирасулаев М.А., Белозеров Г.А.,
Дибирасулаев Д.М., Орловский Д.Е.
ВЛИЯНИЕ СУБКРИОСКОПИЧЕСКОЙ
ТЕМПЕРАТУРЫ ХРАНЕНИЯ НА КОЛИЧЕСТВО
ВЫМОРОЖЕННОЙ ВОДЫ
В NOR И DFD ГОВЯДИНЕ..... 18

Крылова В.Б.
ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ
ПОТЕНЦИАЛ И ДИНАМИКА ДЕСТРУКЦИИ БЕЛКА
И ЖИРА ПРИ ХРАНЕНИИ МЯСНЫХ КУСКОВЫХ
КОНСЕРВОВ..... 26

Батаева Д.С., Юшина Ю.К., Зайко Е.В.
ИДЕНТИФИКАЦИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ
РИСКОВ КОНТАМИНАЦИИ ТУШ КРУПНОГО
РОГАТОГО СКОТА И СВИНЕЙ ПАТОГЕННЫМИ
МИКРООРГАНИЗМАМИ ПРИ УБОЕ
И ПЕРЕРАБОТКЕ 34

Какимов А.К., Кабулов Б.Б.,
Есимбеков Ж.С., Кудеринова Н.А.
ПРИМЕНЕНИЕ МЯСОКОСТНОЙ ПАСТЫ
В КАЧЕСТВЕ БЕЛКОВОЙ ДОБАВКИ
В ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ..... 42

Федотова О.Б., Мьяленко Д.М.
ИССЛЕДОВАНИЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ
ПЛЕНОК ДЛЯ ВАКУУМНОЙ УПАКОВКИ,
МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПРИРОДНЫМИ
АНТИМИКРОБНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ51

CONTENTS

Chernukha I.M., Fedulova L.V.,
Kotenkova E.A., Shishkin S.S., Kovalyov L.I.
THE INFLUENCE OF AUTOLYSIS ON THE
PROTEIN-PEPTIDE PROFILE OF *Bos taurus*
AND *Sus scrofa* HEART AND AORTA TISSUES 4

Yevtushenko A. M., Krasulya O. N.,
Krashenninnikova I. G.
CHARACTERISTICS OF STRUCTURE
FORMATION IN COOKED SAUSAGE
PRODUCTS USING SONOCHEMICAL
TECHNOLOGIES..... 10

Dibirasulaev M.A., Belozеров G.A.,
Dibirasulaev D.M., Orlovsky D.E.
EFFECT OF SUBCRYOSCOPIC STORAGE
TEMPERATURE ON THE QUANTITY
OF FROZEN-OUT WATER IN NOR
AND DFD BEEF18

Krylova V.B.
REDOX POTENTIAL AND DYNAMICS
OF PROTEIN AND FAT DESTRUCTION
DURING STORAGE OF CANNED MEAT
IN PIECES.....26

Bataeva D.S., Yushina Yu.K., Zaiko E.V.
IDENTIFICATION OF THE
MICROBIOLOGICAL RISKS
OF CONTAMINATION OF CATTLE
AND PIG CARCASSES WITH PATHOGENS
AT SLAUGHTER AND PROCESSING 34

Kakimov A.K., Kabulov B.B.,
Yessimbekov Zh.S., Kuderinova N.A.
USE OF MEAT-BONE PASTE
AS A PROTEIN SOURCE IN MEAT
PRODUCT PRODUCTION 42

Fedotova O.B., Myalenko D.M.
INVESTIGATION OF SANITARY-HYGIENIC
CHARACTERISTICS OF MULTILAYER
POLYMER FILMS USED FOR VACUUM
PACKAGING MODIFIED BY NATIVE
ANTIMICROBIAL COMPONENTS 51

THE INFLUENCE OF AUTOLYSIS ON THE PROTEIN-PEPTIDE PROFILE OF *Bos taurus* AND *Sus scrofa* HEART AND AORTA TISSUES

ВЛИЯНИЕ АВТОЛИЗА НА ПРОТЕОМНО-ПЕПТИДНЫЙ ПРОФИЛЬ СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ И АОРТЫ *Bos taurus* и *Sus scrofa*

Chernukha I.M.¹, Fedulova L.V.¹, Kotenkova E.A.¹, Shishkin S.S.², Kovalyov L.I.²

¹The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, Moscow, Russia

²Federal State Institution "Federal Research Centre "Fundamentals of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Ключевые слова: аорта, тканевая специфичность, автолиз, электрофорез

Keywords: aorta, tissue specificity, autolysis, electrophoresis

Аннотация

В статье представлены результаты изучения влияния автолитических процессов на белково-пептидный состав сердечной мышцы и аорты *Bos taurus* и *Sus scrofa*, приведены результаты идентификации тканеспецифичных белковых молекул и влияние автолиза на их сохранность. В тканях аорты *Sus scrofa* были обнаружены аполипопротеин А-1, участвующий в образовании липопротеинов высокой плотности, пероксиредоксин-1, участвующий в подавлении окислительного стресса, галектин-1, индуцирующий апоптоз Т-лимфоцитов, а также ряд белков теплового шока, имеющих молекулярную массу менее 30 кДа. Было установлено, что функциональные белковые вещества с молекулярной массой менее 30 кДа сохраняются в процессе заморозки, но разрушаются под действием ферментов сырья при автолизе. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №16-16-10073).

Abstract

The article presents the results of autolytic processes impact on the protein-peptide profile of *Bos taurus* and *Sus scrofa* cardiac muscle and aorta. The results of tissue-specific protein identification are also presented as well as the effect of autolysis. Apolipoprotein A-1 involved in the formation of high-density lipoproteins, peroxiredoxin-1 involved in the suppression of oxidative stress, galectin-1 induced apoptosis of T-lymphocytes, as well as number of heat shock proteins with molecular weight less than 30 kDa were identified in *Sus scrofa* aorta tissue. It was discovered that functional proteins with molecular weight less than 30 kDa are retained during the freezing process, but destroyed under the action of autolytic enzymes. This work was supported by the Russian Science Foundation (project No. 16-16-10073).

Введение

На сегодняшний день разработано множество стратегий по улучшению функционально-технологических характеристик мяса и мясных продуктов, которые могут быть реализованы путем добавления различных функциональных соединений, а также прижизненной модификацией животного сырья. В технологии мясных продуктов функционального и специализированного назначения успешно применяют модификацию состава (технологии модификации жирных кислот, контроля натрия хлорида), внесение функциональных элементов и специализированных модулей (растительных компонентов (масел, экстрактов, волокон), соевого белка, натуральных и синтетических антиоксидантов, молочно-кислых бактерий, рыбьего жира, производных белков, выделенных из органов и тканей млекопитающих (в частности, свиней и быков) — биологически активных пептидов)[5, 9].

С развитием современных методов протеомики стало возможным создавать протеомные карты с последующей идентификацией белковых фракций, соответствующим одному или более белкам с определенной биологической ролью. Также было обнаружено, что экспрессия генов происходит по принципу тканевой специфичности [4], что позволило рассматривать животные белки не только в качестве источника пластического материала, но и как закодированную аминокислотную последовательность, включающую полипептидные фрагменты регуляторного и сигнального порядка [8, 10].

Introduction

To date, a variety of strategies for improvement the functional and technological characteristics of meat and meat products is developed, such as addition of various functional compounds, and modification of animal meat raw during the lifetime. Composition modification (fatty acids modification technology, sodium chloride control), introduction of functional elements and specialized additives (plant components (oils, extracts, fibers), soy protein, natural and synthetic antioxidants, lactic acid bacteria, fish oil, protein derivatives isolated from mammalian (in particular pigs and bovines) organs and tissues — biologically active peptides) [5, 9] are successfully applied in the technology of specialized and functional meat products.

With the development of modern proteomic methods, it has become possible to create proteomic maps with subsequent identification of protein fractions corresponding to one or more proteins with specific biological function. It was also found that gene expression occurs on the basis of tissue specificity [4] allowing consideration of animal proteins not only as a source of plastic material, but also as encoded amino acid sequences consisting of regulatory and signal polypeptide fragments [8, 10]. A variety of methods is used for accumulation of functional peptides in raw meat including fermentation (using the starter cul-

Для накопления в мясном сырье функциональных пептидов используют различные методы, в том числе включающие ферментацию (с использованием стартовой культуры или фермента), автолиза или прямого гидролиза [5, 8–10]. Однако неоднозначно стоит вопрос целесообразности направленного протеолиза в отношении тканеспецифичных белков уже несущих биологическую функцию и способных избирательно расщепляться ферментами желудочно-кишечного тракта.

Ранее авторами были проведены исследования сердца и аорт *Bos taurus* и *Sus scrofa*, которые показали наличие в них тканеспецифичных биологически активных веществ с молекулярной массой в диапазоне от 100 до 10 кДа, вовлеченных в липидный обмен, антиоксидантную защиту и функционирование эндотелиального слоя сосудов [2, 3].

Целью данного исследования являлось изучение влияния автолитических процессов на сохранность целевых белковых молекул, содержащихся в сердечной мышце и аорте сельскохозяйственных животных (свиней и КРС).

Материалы и методы

Объектами исследования являлись ткани сердечной мышцы и аорты *Bos taurus* и *Sus scrofa*, замороженные при минус 10°C или подвергнутые автолизу при 2±2°C в течение 4 суток.

Одномерный электрофорез проводился по методу Лэммли [7] с градиентом ПААГ 7,5–25% в присутствии SDS. В качестве свидетелей использовали маркер, включающий одиннадцать стандартов с молекулярной массой 170, 130, 95, 72, 55, 43, 34, 26, 17 и 10 кДа (Fermentas, США).

Двумерный электрофорез (ДЭ) проводился по методу О'Фаррелла [11] с изоэлектрофокусированием в амфолиновом (IEF-PAGE) градиенте pH; последующую детекцию белков проводили окрашиванием азотнокислым серебром, как описано ранее [1, 6].

Идентификацию белковых фракций на ДЭ осуществляли после трипсинолиза методами MALDI-TOF MS и MS/MS масс-спектрометрии на MALDI- время-пролетном масс-спектрометре Ultraflex («Bruker», Германия) с УФ-лазером (336 нм) в режиме положительных ионов в диапазоне масс 500–8000 Да с калибровкой их по известным пикам автолиза трипсина. Анализ полученных масс-спектров триптических пептидов выполняли с помощью программы Mascot, опция Peptide Fingerprint («Matrix Science», США), с точностью определения массы MH⁺ равной 0.01%, осуществляя поиск по базам данных Национального центра биотехнологической информации США (NCBI).

Результаты и их обсуждение

Проведенный сравнительный протеомный анализ замороженных и автолизированных образцов тканей сердца и аорт *Bos taurus* и *Sus scrofa* показал, что наиболее интенсивное представление полос на электрофореграмме было отмечено в диапазоне от 100 до 10 кДа. Однако в сырье, подвергнутом автолизу, выявлено увеличение разнообразия и интенсивности фракций особенно у автолизированной сердечной мышцы (Рис. 1).

ture or enzyme), autolysis or direct hydrolysis [5, 8–10]. However, a question of expediency of directed proteolysis against tissue-specific proteins already possessing biological function and selectively cleaved by gastrointestinal tract enzymes is ambiguous.

Previously, we have studied aortas and cardiac muscles of *Bos taurus* and *Sus scrofa* and showed the presence of tissue-specific biologically active substances with molecular weight in the range of 10 to 100 kDa, which were involved in lipid metabolism, antioxidant protection and functioning of vascular endothelial layer [2, 3].

The purpose of this study was to evaluate the effect of autolytic processes on the preservation of target protein molecules contained in heart and aorta of farm animals (*Bos taurus* and *Sus scrofa*).

Materials and methods

Objects of the study were *Bos taurus* and *Sus scrofa* cardiac muscle and aorta tissues frozen at minus 10 °C or subjected to autolysis at 2 ± 2 °C for 4 days.

One-dimensional electrophoresis was performed according to the method of Laemmli [7] in 7.5–25 % polyacrylamide gel with the presence of SDS. The marker was used comprising of eleven standards with molecular weight of 170, 130, 95, 72, 55, 43, 34, 26, 17, and 10 kDa (Fermentas, USA).

Two-dimensional electrophoresis was performed according to the method of O'Farrell [11] with isoelectric focusing in ampholine pH gradient (IEF-PAGE). The subsequent detection of the proteins was carried out by staining with silver nitrate as described previously [1, 6].

Identification of protein fractions was performed on DE after trypsinolysis by MALDI-TOF/MS and MS/MS mass spectrometry on Ultraflex MALDI-TOF mass spectrometer (Bruker, Germany) with UV laser (336 nm) in the positive ion mode in molecular weight range of 500–8000 Da with calibration according to known peaks of trypsin autolysis. Analysis of obtained tryptic peptides mass spectra was performed using Peptide Fingerprint option in Mascot software (Matrix Science, USA) with MH⁺ mass determination accuracy of 0.01%; search was performed in databases of the National Center for Biotechnology Information, USA (NCBI).

Results and discussion

The comparative proteomic analysis of frozen and autolyzed tissue samples of *Bos taurus* and *Sus scrofa* cardiac muscle and aorta showed that the most intense bands on the electrophoregram were observed in the range from 100 to 10 kDa. However, samples subjected to autolysis revealed an increase in the diversity and intensity of factions especially in autolyzed cardiac muscle (Figure 1).

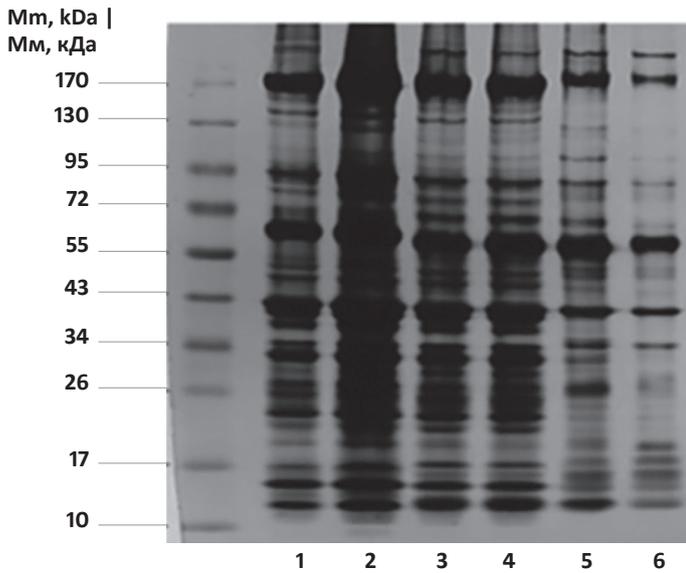


Figure 1. The results of electrophoretic analysis of proteins according to Laemmli; staining with silver nitrate. Legend: 1 — frozen *Bos taurus* heart, 2 — *Bos taurus* heart (autolysis), 3 — frozen *Sus scrofa* heart, 4 — *Sus scrofa* heart (autolysis), 5 — *Sus scrofa* aorta (autolysis), 6 — *Bos taurus* aorta (autolysis)

Рис. 1. Результаты электрофоретического анализа белков по Лэммли. Окраска азотнокислым серебром. Условные обозначения: 1 — замороженное сердце *Bos taurus*, 2 — сердце *Bos taurus* (автолиз), 3 — замороженное сердце *Sus scrofa*, 4 — сердце *Sus scrofa* (автолиз), 5 — аорта *Sus scrofa* (автолиз), 6 — аорта *Bos taurus* (автолиз)

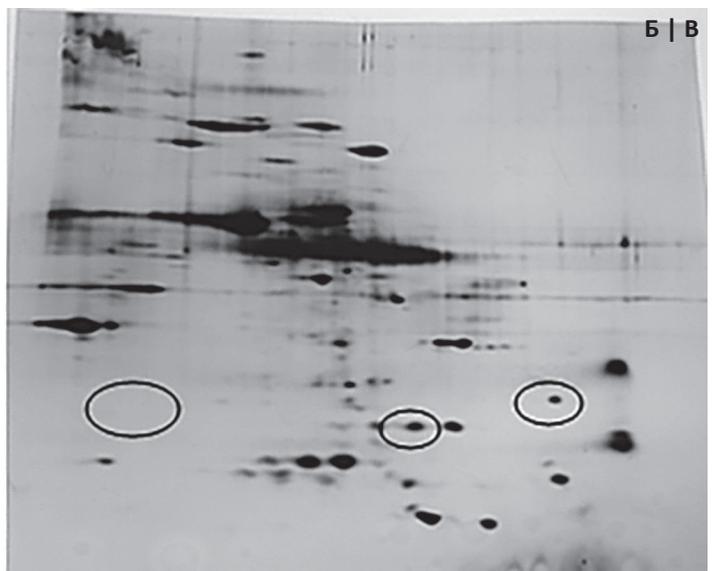
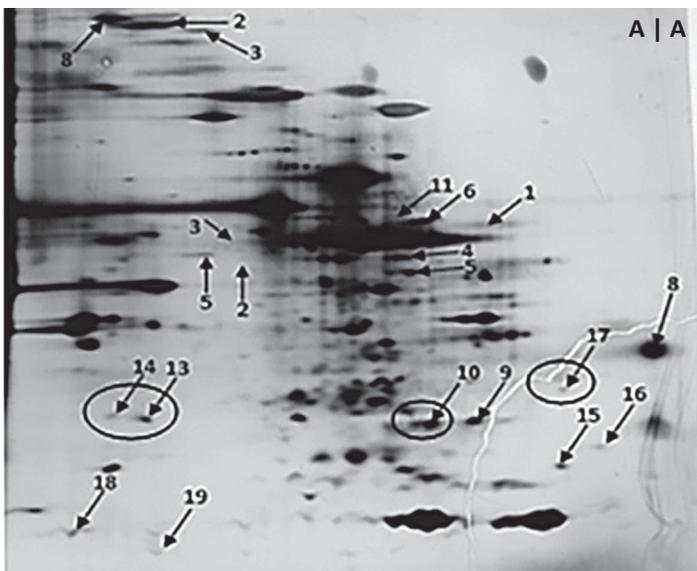


Figure 2. The results of electrophoretic analysis of proteins according to O'Farrell method. A — *Sus scrofa* aorta, B — *Bos taurus* aorta
Рис. 2. Результаты электрофоретического анализа белков по методу О'Фаррелла. А — аорта *Sus scrofa*, Б — аорта *Bos taurus*

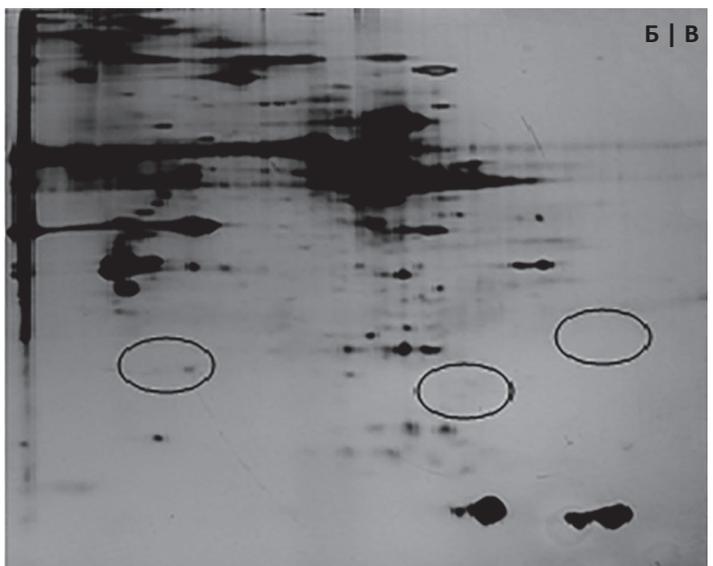
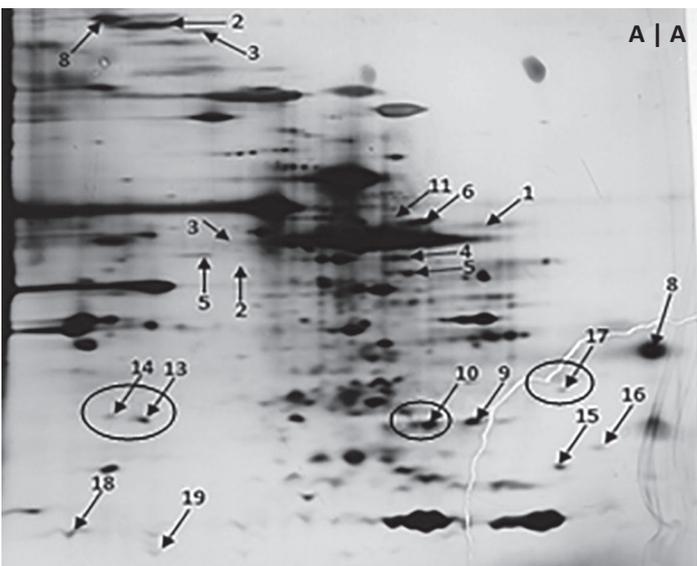


Figure 3. The results of electrophoretic analysis of proteins according to O'Farrell method. A — *Sus scrofa* aorta (frozen), B — *Sus scrofa* aorta (autolysis)
Рис. 3. Результаты электрофоретического анализа белков по методу О'Фаррелла. А — аорта *Sus scrofa* (замороженная), Б — аорта *Sus scrofa* (автолиз)

Стоит отметить, что мажорные белки сердечных мышц *Bos taurus* и *Sus scrofa*, оказались практически одинаковыми. Однако существенные межвидовые отличия были обнаружены при сравнении протеомных профилей образцов аорты. Особенно ярко они проявлялись на примере тканеспецифичных белков (рис. 2, табл. 1): в ткани аорты *Sus scrofa* были обнаружены аполипопротеин А-1 (13, 14), участвующий в образовании липопротеинов высокой плотности, перокси-редоксин-1 (10, в смеси с трансгелином), участвующий в подавлении окислительного стресса, галектин-1 (17), индуцирующий апоптоз Т-лимфоцитов, а также ряд белков теплового шока, имеющих молекулярную массу менее 30 кДа.

Влияние аутолиза на сохранность целевых тканеспецифичных белков, обнаруженных в тканях аорты *Sus scrofa*, было также изучено методом двумерного электрофореза по О'Фарреллу (Рис. 3).

В результате исследований было показано, что обнаруженные тканеспецифичные белки (аполипопротеин А-1, пероксиредоксин 1, галектин-1 и белки

Major proteins of *Bos taurus* and *Sus scrofa* cardiac muscle were almost identical. However, significant interspecies differences were found when comparing the proteomic profile of the aorta samples. Tissue-specific proteins were identified in *Sus scrofa* aorta tissue (Figure 2, Table 1): apolipoprotein A-1 (13, 14) involved in the formation of high-density lipoproteins, peroxiredoxin-1 (10, in mixture with transgelin) involved in the suppression of oxidative stress, galectin-1 (17) induced apoptosis of T-lymphocytes, as well as a number of heat shock proteins with molecular weight less than 30 kDa.

Autolysis effect on target tissue-specific proteins detected in *Sus scrofa* aorta tissues was also studied by two-dimensional electrophoresis according to O'Farrell (Figure 3).

It was shown that the detected tissue-specific proteins (apolipoprotein A-1, peroxiredoxin 1, galectin-1 and

Table 1. The results of mass spectrometric identification (MALDI-TOF/MS and MS/MS) of protein fractions in *Sus scrofa* aorta tissue
Табл. 1. Результаты масс-спектрометрической идентификации (MALDI-TOF MS и MS / MS) белковых фракций из ткани аорты *Sus scrofa*

No. №	Protein name; (<i>Gene symbol</i>) Наименование белка; (<i>символ гена</i>)	S / M / C *	mM/pI (experiment)** Мм/pI (эксп.)**	mM/pI (calculation)** Мм/pI (расчет.)**
1	Fragment of type II cytoskeletal keratin 1 (<i>KRT1</i>) Фрагмент цитоскелетного 1 кератина II типа (<i>KRT1</i>)	74/9/17	55.0/8.10	65.9/8.16
2	Actin-related protein 3 (<i>ACTR3</i>) Актин-связанный белок 3, actin-related protein 3 (<i>ACTR3</i>)	174/15/43	47.0/5.60	47.4/5.61
3	Fragment of type II cytoskeletal keratin 1 (<i>KRT1</i>) Фрагмент цитоскелетного 1 кератина II типа, (<i>KRT1</i>)	59/7/15	48.0/5.55	65.9/8.16
4	X1 isoform of integrin-linked kinase (<i>ILK</i>) Интегрин-связанная протеинкиназа изоформа X1, (<i>ILK</i>)	188/21/45	50.0/8.00	51.4/8.30
5	X2 isoform of β -enolase (<i>ENO3</i>) β -енолаза изоформа X2, (<i>ENO3</i>)	259/25/64	47.0/8.05	47.1/8.05
6	X1 isoform of prolargin (<i>PRELP</i>) Проларгин изоформа X1, (<i>PRELP</i>)	73/2/5	63.0/7.95	43.7/9.53
7	X1 isoform of poly-(ADP-ribose)-polymerase 6 (<i>PKM</i>) Поли (АДФ-рибозо)-полимераза 6 изоформа X1, (<i>PKM</i>)	161/17/38	58.0/8.10	57.8/7.96
8	Protein 1 containing 4 1/2 LIM domain, isoform C, isoform X5 (<i>FHL1C</i>) Белок 1 содержащий 4 1/2 LIM домена, изоформы C изоформа X5, (<i>FHL1C</i>)	79/7/24	29.0/9.00	33.5/8.75
9	Transgelin (<i>TAGLN</i>) Трансгелин, (<i>TAGLN</i>)	327/32/86	22.0/8.40	22.6/8.87
10	Mixture transgelin (<i>TAGLN</i>) and X5 isoform of peroxiredoxin 1 (<i>PRDX1</i>) Смесь трансгелина, (<i>TAGLN</i>), и пероксиредоксина 1 изоформа X5, (<i>PRDX1</i>)	283/31/82 106/11/52	22.0/8.20	22.6/8.87 21.9/8.67
11	Albumin (1) (<i>ALB</i>) Альбумин (1), (<i>ALB</i>)	168/8/16	250.0/6.80	69.3/5.92
13	Pre-apolipoprotein A-1 (<i>APOA1</i>) Пре-аполипопротеин А-1, (<i>APOA1</i>)	177/19/51	25.0/5.00	30.0/5.47
14	Apolipoprotein A-1 (<i>APOA1</i>) Аполипопротеин А-1 (<i>APOA1</i>)	152/15/46	25.0/4.95	30.3/5.38
15	Peptidyl-prolyl cis-trans isomerase B (<i>LOC100154783</i>) Пептидил-пролил цис-транс изомераза B (<i>LOC100154783</i>)	220/11/33	18.0/9.20	23.9/9.44
16	Calponin-1 (<i>CNN1</i>) Кальпонин-1 (<i>CNN1</i>)	212/21/49	28.0/8.95	33.2/8.91
17	Galectin-1 (<i>GLN1</i>) Галектин-1 (<i>GLN1</i>)	178/8/50	14.5/4.85	14.6/5.07
18	S100-A13 protein (<i>S100A13</i>)**** Белок S100-A13 (<i>S100A13</i>)****	77/1/17	11.0/5.00	11.0/5.46

* S/M/C — traditional identification indicators adopted in the English literature: Score — indicator of conformity or «scorecard»; Match peptides — the number of matched peptides; Coverage — % coverage of the entire amino acid sequence of the protein by identified peptides.
** mM/pI (experiment) — scores obtained as a result of electrophoretic mobility on the DE and mM/pI (calculation) — estimates made based on amino acid sequence data with consideration of signal peptide removal, but with no consideration of other post-synthetic modifications using the ExPASy Compute pI/Mw tool software.

* S/M/C — традиционные показатели идентификации, принятые в англоязычной литературе: Score — показатель соответствия или «счет очков»; Match peptides — количество совпавших пептидов; Coverage — % покрытия полной аминокислотной последовательности белка выявленными пептидами.

** Мм/pI (эксп.) — полученные оценки по результатам электрофоретической подвижности на ДЭ, а Мм/pI (расчет.) — расчетные оценки, сделанные из данных об аминокислотной последовательности с учетом удаления сигнального пептида, но без учета других постсинтетических модификаций с использованием программы ExPASy Compute pI/Mw tool.

теплового шока), подверглись протеолизу в процессе 4-х суточного автолиза (Рис. 3).

Выводы

Показано, что ткани сердец и аорт *Sus scrofa* и *Bos taurus* характеризуются высокой тканевой специфичностью, причем наибольшая специфичность обнаружена в тканях аорты *Sus scrofa*. Было определено, что автолитические процессы приводят к увеличению разнообразия и интенсивности белковых и пептидных фракций особенно у автолизированной сердечной мышцы *Bos taurus*. Также было выявлено негативное воздействие автолитических ферментов на функциональные тканеспецифичные биологически активные белковые вещества с молекулярной массой менее 30 кДа. Таким образом, ткани аорты *Sus scrofa* как функциональный ингредиент целесообразно применять в нативном или замороженном виде для сохранения природных активных компонентов.

heat shock proteins) underwent proteolysis during 4-day autolysis (Figure 3).

Conclusions

It was demonstrated that *Bos taurus* and *Sus scrofa* cardiac muscle and aorta tissues are characterized by high tissue specificity with the highest tissue specificity detected in *Sus scrofa* aorta. It was determined that autolytic processes result in increase of diversity and intensity of protein and peptide fractions especially in autolyzed *Bos taurus* cardiac muscle. Furthermore, negative effects of autolytic enzymes on functional tissue-specific protein bioactive substances with molecular weight less than 30 kDa were also found. Thus, for preservation of natural active ingredients, the use of *Sus scrofa* aorta tissues as a functional ingredient is advisable in native or frozen form.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковалев Л.И. Протеомное изучение белков в образцах свинины и выработанных из нее мясных продуктах / Л.И. Ковалев, С.С. Шишкин, М.А. Ковалева, А.В. Иванов, Н.Л. Вострикова, И.М. Чернуха // Всё о мясе. — 2013. — №3. — С. 32–34.
2. Лисицын А.Б. Ткани сердца и аорты крупного рогатого скота и свиней как функциональный мясной ингредиент с заданным белково-пептидным профилем / А.Б. Лисицын, И.М. Чернуха, Л.В. Федулова, Е.А. Котенкова, С.С. Шишкин // Все о мясе. — № 5. — 2013. — С.48–51
3. Чернуха И.М. Влияние тканеспецифичных биомолекул на дисфункцию эндотелия при атеросклерозе / И.М. Чернуха, Л.В. Федулова, Е.А. Котенкова // Все о мясе. — 2016. №1. С. 46–49.
4. Fagerberg, L. Analysis of the Human Tissue-specific Expression by Genome-wide Integration of Transcriptomics and Antibody-based Proteomics/ L. Fagerberg, B.M. Hallstrom, P. Oksvold, C. Kampf, D. Djureinovic, J. Odeberg, M. Habuka, S. Tahmasebpoor, A.Danielsson, K. Edlund, A. Asplund, E. Sjostedt, E. Lundberg, C. Al-Khalili Zsigyarto, M. Skogs, J.O. Takanen, H. Berling, H. Tegel, J. Mulder, P. Nilsson, J. M. Schwenk, C. Lindskog, F. Danielsson, A. Mardinoglu, Å. Sivertsson, K. von Feilitzen, M. Forsberg, M. Zwahlen, I. Olsson, S. Navani, M. Huss, J. Nielsen, F.Ponten, M. Uhlen // Molecular & Cellular Proteomics. — 2014. — №13. (2). — P. 397–406.
5. Handbook of Meat and Meat Processing, Second Edition/edited Y. H. Hui //USA: Taylor & Francis Group. — 2012. — 1000 p.
6. Kovalyov L.I. Polymorphism of delta3,5-delta2,4-dienoyl-coenzyme A isomerase (the ECH1 gene product protein) in human striated muscle tissue / L.I. Kovalyov, M.A. Kovalyova, P.L. Kovalyov, M.V. Serebryakova, S.A. Moshkovskii, S.S. Shishkin // Biochemistry (Moscow). — 2006. — V.71. — №4. — P. 448–453.
7. Laemmli U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 / U.K. Laemmli // Nature. — 1970. — V.227. — №5259. — P.680–685.
8. Lafarga T. Bioactive peptides from meat muscle and by-products: generation, functionality and application as functional ingredients/ T. Lafarga, M. Hayes // Meat science. — 2014. — №98. — p. 227–239.
9. Nutraceutical Science and Technology (Book 4). Nutraceutical Proteins and Peptides in Health and Disease/edited by Y. Mine, F. Shahidi//USA: Taylor & Francis Group. — 2006. — 688 p.
10. Udenigwe C. C. Meat proteome as source of functional biopeptides/C. C. Udenigwe, A. Howard//Food Research International. — 2013. — №54. — p. 1021–1032.
11. Xu Y. Differential proteome and transcriptome analysis of porcine skeletal muscle during development/ Y. Xu, H. Qian, X. Feng, Y. Xiong, M. Lei, Z. Ren, B. Zuo, D. Xu, Y. Ma, H. Yuan// Journal of Proteomics. — 2012. — V.75(7). — P.2093–2108.

REFERENCES

1. Kovalyov L.I. Proteomic study of proteins in pork and meat products / L.I. Kovalyov, S.S. Shishkin, M.A. Kovalyova, A.V. Ivanov, N.L. Vostrikova, I.M Chernukha // All about meat. — 2013. — No. 3. — P. 32–34.
2. Lisitsyn A.B. Cattle and pig heart and aorta tissues as a functional food ingredient with a protein-peptide profile / A.B. Lisitsyn, I.M. Chernukha, L.V. Fedulova, E.A. Kotenkova, S.S. Shishkin // All about meat. — No. 5. — 2013. — P. 48–51
3. Chernukha I.M. The influence of tissue-specific biomolecules on endothelial dysfunction in atherosclerosis / I.M. Chernukha, L.V. Fedulova, E.A. Kotenkova // All about meat. — 2016. — No. 1. — P. 46–49.
4. Fagerberg, L. Analysis of the Human Tissue-specific Expression by Genome-wide Integration of Transcriptomics and Antibody-based Proteomics/ L. Fagerberg, B.M. Hallstrom, P. Oksvold, C. Kampf, D. Djureinovic, J. Odeberg, M. Habuka, S. Tahmasebpoor, A.Danielsson, K. Edlund, A. Asplund, E. Sjostedt, E. Lundberg, C. Al-Khalili Zsigyarto, M. Skogs, J.O. Takanen, H. Berling, H. Tegel, J. Mulder, P. Nilsson, J. M. Schwenk, C. Lindskog, F. Danielsson, A. Mardinoglu, Å. Sivertsson, K. von Feilitzen, M. Forsberg, M. Zwahlen, I. Olsson, S. Navani, M. Huss, J. Nielsen, F.Ponten, M. Uhlen // Molecular & Cellular Proteomics. — 2014. — No. 13 (2). — P. 397–406.
5. Handbook of Meat and Meat Processing, Second Edition/edited Y. H. Hui //USA: Taylor & Francis Group. — 2012. — 1000 P.
6. Kovalyov L.I. Polymorphism of delta3,5-delta2,4-dienoyl-coenzyme A isomerase (the ECH1 gene product protein) in human striated muscle tissue / L.I. Kovalyov, M.A. Kovalyova, P.L. Kovalyov, M.V. Serebryakova, S.A. Moshkovskii, S.S. Shishkin // Biochemistry (Moscow). — 2006. — V. 71. — No. 4. — P. 448–453.
7. Laemmli U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 / U.K. Laemmli // Nature. — 1970. — V. 227. — No. 5259. — P. 680–685.
8. Lafarga T. Bioactive peptides from meat muscle and by-products: generation, functionality and application as functional ingredients / T. Lafarga, M. Hayes // Meat science. — 2014. — No. 98. — P. 227–239.
9. Nutraceutical Science and Technology (Book 4). Nutraceutical Proteins and Peptides in Health and Disease/edited by Y. Mine, F. Shahidi//USA: Taylor & Francis Group. — 2006. — 688 P.
10. Udenigwe C. C. Meat proteome as source of functional biopeptides/C. C. Udenigwe, A. Howard//Food Research International. — 2013. — No. 54. — P. 1021–1032.
11. Xu Y. Differential proteome and transcriptome analysis of porcine skeletal muscle during development/ Y. Xu, H. Qian, X. Feng, Y. Xiong, M. Lei, Z. Ren, B. Zuo, D. Xu, Y. Ma, H. Yuan// Journal of Proteomics. — 2012. — V. 75(7). — P. 2093–2108.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Чернуха Ирина Михайловна — доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Экспериментальной клиники-лаборатории биологически активных веществ животного происхождения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова», 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: 8 (495) 676-97-18
E-mail: imcher@inbox.ru

Федулова Лилия Вячеславовна — кандидат технических наук, заведующий Экспериментальной клиники-лаборатории биологически активных веществ животного происхождения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова», 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: 8 (495) 676-92-11
E-mail: fedulova@vniimp.ru

Котенкова Елена Александровна — кандидат технических наук, научный сотрудник Экспериментальной клиники-лаборатории биологически активных веществ животного происхождения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова», 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: 8 (495) 676-92-11
E-mail: lazovlena92@yandex.ru

Шишкин Сергей Сергеевич — доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией биомедицинских исследований Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук», 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.33, стр. 2
Тел.: +7 (495) 952-58-86
E-mail: sergeyshishkin@yandex.ru

Ковалев Леонид Иванович — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биомедицинских исследований Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук», 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.33, стр. 2
Тел.: +7 (495) 952-58-86
E-mail: kovalyov@inbi.ras.ru

Критерии авторства

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 07.06.2016

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Chernukha Irina Mihailovna — doctor of technical sciences, professor, leading research scientist of Experimental clinic — laboratory of biologically active substances of an animal origin of the V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Ph.: 8 (495) 676-97-18
E-mail: imcher@inbox.ru

Fedulova Liliya Vaycheslavovna — candidate of technical sciences, head of Experimental clinic — laboratory of biologically active substances of an animal origin of the V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Ph.: 8 (495) 676-92-11
E-mail: fedulova@vniimp.ru

Kotenkova Elena Alexandrovna — candidate of technical sciences, research scientist of Experimental clinic — laboratory of biologically active substances of an animal origin of the V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Ph.: 8 (495) 676-92-11
E-mail: lazovlena92@yandex.ru

Shishkin Sergey Sergeevich — doctor of biological sciences, professor, head of the biomedical research laboratory of Federal State Institution «Federal Research Centre «Fundamentals of Biotechnology» of the Russian Academy of Sciences, 119071, Moscow, Leninsky prospekt, 33 bldg. 2
Ph.: +7 (495) +952-58-86
E-mail: sergeyshishkin@yandex.ru

Kovalyov Leonid Ivanovich — doctor of biological sciences, leading research scientist of the biomedical research laboratory of Federal State Institution «Federal Research Centre «Fundamentals of Biotechnology» of the Russian Academy of Sciences, 119071, Moscow, Leninsky prospekt, 33 bldg. 2
Ph.: +7 (495) +952-58-86
E-mail: kovalyov@inbi.ras.ru

Contribution

Authors equally contributed to the writing of the manuscript and are equally responsible for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 07.06.2016

CHARACTERISTICS OF STRUCTURE FORMATION IN COOKED SAUSAGE PRODUCTS USING SONOCHEMICAL TECHNOLOGIES

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ВАРЕННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОНОХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Yevtushenko A.M., Krasulya O.N., Krasheninnikova I.G.

The Razumovsky's Moscow State University of Technologies and Management, Moscow, Russia

Ключевые слова: кавитация, рассол, вареная колбаса, формирование структуры, вязкость, энергия активации вязкого течения, константа восстановления структуры, теплота и энтропия активации вязкого течения, релаксация напряжений.

Keywords: cavitation, brine, cooked sausage, formation of structure, viscosity, energy of viscous flow activation, constant for restoring of the structure, heat and entropy of viscous flow activation, stress relaxation.

Аннотация

В работе исследованы особенности формирования структуры колбасных изделий в процессе варки. Показано, что вязкость колбасного фарша изменяется сложным образом и имеет три характерные области. Найдены характеристические параметры, определяющие формирование структуры колбасных изделий для каждой области. Установлено, что использование кавитационно обработанного рассола придает конечному продукту нежную консистенцию, эластичность и ярко выраженный вкус, что делает его более предпочтительным для потребителя.

Abstract

This paper studies the features of formation of sausage product structure in the process of cooking. It is shown that the viscosity of sausage meat varies in a complex manner and has three characteristic areas. The characteristic parameters that determine the formation of the structure of sausages for each area were found. It is established that the use of the cavitation brine gives the finished product a gentle consistence, elasticity and distinct taste that makes it more preferable for the consumer.

Введение

Общая концепция превращений химических компонентов пищевых систем в технологическом потоке базируется на знании их состава, структуры, свойств, а также на теории о множественности и неоднозначности химических превращений, протекающих под влиянием различных факторов (физических, химических, технологических и т.д.). Исследования влияния особенностей строения компонентов, их взаимодействие между собой, характер возникающих связей, механизмы образования устойчивых соединений, комплексов и умение управлять этими процессами — одно из наиболее важных направлений современной пищевой технологии.

Доказано, что использование сонохимической обработки рассола при производстве колбасных изделий позволяет улучшить их качество [1]. Однако механизм влияния жидких пищевых сред (рассола), обработанных в кавитационном реакторе, на формирование структуры готовых изделий при варке колбасных фаршей ранее не изучался.

В работе исследовали механизм влияния рассола, подвергнутого кавитационной обработке, на структурно-механические свойства (вязкость) колбасных изделий в процессе варки.

Материалы и методы

Для проведения исследования были изготовлены опытные образцы колбасных фаршей, рецептура которых приведена в таблице 1.

Introduction

The general concept of transformations in chemical components of food systems in the technological flow is based on the knowledge of their composition, structure and properties, as well as the theory of the multiple and complex chemical transformations occurring under the influence of different factors (physical, chemical, technological and others). Studies on the peculiarities of the component structure, their interactions with each other, the character of emerging bonds, the mechanisms of development of stable compounds and complexes, the ability to manage these processes are among the most important directions of the modern food technologies.

The use of sonochemical processing of brine in the production of sausage products is proved to offer the possibility to improve their quality [1]. However, the mechanism of the effect of liquid food media (brine) treated in a cavitation reactor on the formation of structure of finished products during the cooking of sausage meat has not been previously studied.

The authors studied the mechanism of the effect of brine subjected to the cavitation treatment on structural and mechanical properties (viscosity) of the sausage products during cooking process.

Materials and methods

To conduct the study, the test samples of sausage meat were manufactured, which formulation is given in Table 1.

Table 1. Formulation of sausage meat samples

Табл. 1. Рецептuru образцов колбасных фаршей

Raw materials and ingredients Сырье и ингредиенты	Control sample, % Контрольный, %	Test sample, % Опытный, %
1st grade beef Говядина 1 сорта	20,0	20,0
Semifat pork meat Свинина полужирная	60,0	60,0
Mechanically deboned poultry meat Мясо птицы механической обвалки	15,0	15,0
Skim milk powder Молоко сухое обезжиренное	3,0	3,0
Eggs Яйцо	2,0	2,0
Technological water Вода технологическая	24,0	—
Salt Соль поваренная	2,0	—
Brine Рассол	—	26,0
Complex food additive «Doktorskaya» Комплексная добавка «Докторская»	0,8	0,8

В контрольном образце водопроводную воду добавляли вместе с поваренной солью на первом этапе куттерования (после внесения в куттер говядины 1 сорта).

Комплексную пищевую добавку «Докторская» (производитель — ООО «Коллекция вкусов»), имеющую в своем составе фосфаты, глутамат натрия, эриторбат натрия, натуральный краситель, экстракты специй также вносили на первом этапе куттерования.

В опытном образце использовали рассол, который готовили в соотношении 1:12 (поваренная соль:вода). Рассол обрабатывали в кавитационном реакторе типа «РКУ» с пьезокерамическим преобразователем, производительностью 5 л/мин и вводили на первом этапе куттерования. Алгоритм внесения комплексной пищевой добавки остался прежним.

Из образцов фарша отбирали пробы в кювету вибровискозиметра «SV-100» (фирмы A&D Co. LTD, Япония), диапазон измерения вязкости варьируется от 1 до 100 Па·с. На данном приборе исследовали кинетику процесса изменения температуры и вязкости. Полученные результаты фиксировались на дисплее компьютера в реальном времени и в дальнейшем обрабатывались с помощью программы Excel.

Выбор вибровискозиметра «SV-100» был обусловлен тем, что измерение вязкости на нем, в отличие от ротационных вискозиметров, не приводит к разрушению формирующейся структуры.

Результаты и их обсуждение

Из данных кинетики процесса изменения вязкости и температуры при термической обработке, представленных на рисунке 1, видно, что сдвиговые характеристики колбасного фарша претерпели сложные изменения и образовались три характерные области на реограммах течения (рис. 1). Причем их протяженность для контрольного и опытного образца не совпадает.

Первая область (1а, 2а, рис. 1) связана с увеличением вязкости при практически постоянной температуре. Такое поведение, по-видимому, объясняется восстановлением структуры колбасного фарша после её разрушения при куттеровании и внесении в кювету

In the control sample, tap water was added together with sodium chloride at the first step of cutting (after adding 1st grade beef to cutter).

Complex food additive «Doktorskaya» (produced by Kolleksiya Vkusov LLC) containing phosphate, monosodium glutamate, sodium erythorbate, natural coloring, and spice extracts in its composition also was added at the first stage of cutting.

Brine prepared with a ratio of 1:12 (salt:water) was used in the test sample. Brine was treated in the cavitation reactor of «RKU» type with a piezoceramic transducer and the capacity was 5 L/min. According to formulation, it was added at the 1st stage of cutting. Algorithm for addition of complex food additive remained unchanged.

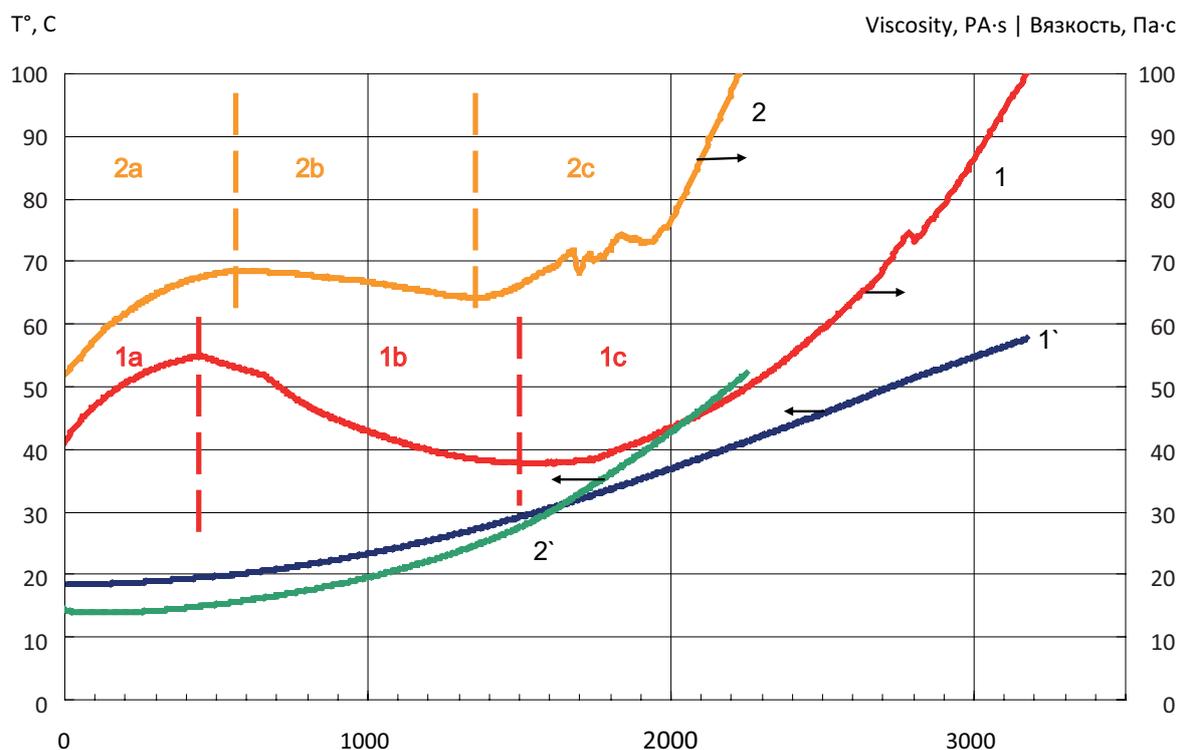
The samples of minced meats were taken into the cuvette of vibro viscosimeter «SV-100» (manufactured by A&D Co. LTD, Japan), whose measurement limits range from 1 to 100 Pa·s. Using this instrument, the kinetics of changes in temperature and viscosity was investigated. The results obtained were registered on a computer display in a real-time mode and subsequently were processed using Excel software.

The vibro viscosimeter «SV-100» was chosen because the viscosity measurement using it does not lead to the destruction of the forming structure as opposed to rotary viscometer.

Results and discussion

The data on the kinetics of the viscosity and temperature changes upon thermal treatment presented in Figure 1 show that the shearing characteristics of the sausage meat underwent complex changes and three characteristic areas were formed (figure 1). Moreover, their sizes for control and test samples do not match.

The first area (1a, 2a, figure 1) is associated with an increase in viscosity at a substantially constant temperature. Such a behavior seems to be explained by the restoring of the structure of sausage meat after its destruction during chopping and transferring into the cuvette of vibro visco-



The processing time for the sausage meat, in seconds | Продолжительность обработки колбасного фарша, сек.

- 1' The temperature change for a control sample | Изменение температуры для контрольного образца
- 1 The change in viscosity for control sample | Изменение вязкости для контрольного образца
- 2 The change in viscosity of a test sample | Изменение вязкости для опытного образца
- 2' The temperature change for a control sample | Изменение температуры для контрольного образца

Figure 1. Kinetics of changes in viscosity and temperature of sausage meat samples during heat treatment
Рис. 1. Кинетика изменения вязкости и температуры в образцах колбасного фарша при термообработке

ту вибровискозиметра. Кинетика изменения вязкости в этом случае может быть описана уравнением вида:

$$\eta = \eta_1 + (\eta_2 - \eta_1) \cdot e^{-k \cdot \tau}, \quad (1)$$

где η_1, η_2 — значения вязкости в начальный момент времени и при достижении максимума в первой области процесса Па·с; k — константа, характеризующая процесс восстановления структуры сек⁻¹; τ — время термообработки, сек.

Методами нелинейного регрессионного анализа [2] были определены константы уравнения (1) для контрольного и опытного образцов колбасного фарша (табл. 2).

Константа (k) процесса восстановления структуры (табл. 2) для колбасного фарша, содержащего кавитационно обработанный рассол, оказывается несколько меньше, чем у контрольного образца. На наш взгляд, это явление может быть связано с увеличением объема и степени структурированности гидратной обо-

simeter. In this case, the kinetics of viscosity changes can be described by the following equation:

$$\eta = \eta_1 + (\eta_2 - \eta_1) \cdot e^{-k \cdot \tau}, \quad (1)$$

where η_1, η_2 — viscosity values at the initial time and when reaching a maximum in the first area of the process Pa·s; k — constant characterizing the process of structure restoring s⁻¹; τ — time, in seconds.

Using nonlinear regression analysis methods [2] the constants of equation (1) for control and experimental samples of sausage meat were determined (table 2).

The constant (k) of the structure restoring process (table 2) for the sausage meat containing a cavitation-treated brine is somewhat less than the constant for control sample. In our opinion, this phenomenon may be due to the increase in the volume and degree of structuring in the hydration shell of protein macromolecules of test sample [3], which complicate the process of the structure

Table 2. Kinetic constants of structure restoring process for sausage meat samples

Табл. 2. Кинетические константы процесса восстановления структуры образцов колбасного фарша

Constants Константы	Control sample Контрольный	Test sample Опытный
$\eta_1, \text{Па}\cdot\text{Ч} / \eta_1, \text{Па}\cdot\text{s}$	41,34	52,01
$\eta_2, \text{Па}\cdot\text{Ч} / \eta_2, \text{Па}\cdot\text{s}$	57,21	69,98
$k, \text{с}^{-1} / k, \text{s}^{-1}$	0,00440	0,00403
r^2	0,9998	0,9999

лочки белковых макромолекул у опытного образца [3], которые затрудняют процесс восстановления структуры. Кроме этого, температура восстановления структуры колбасного фарша опытного образца ниже, чем у контрольного (см. рис. 1), что также снижает скорость и увеличивает время структурирования пищевой системы.

Вторая область (рис. 1, 1b, 2b), связанная с уменьшением показателя вязкости, обусловлена разрушением структуры при термическом воздействии. Изменение вязкости в этом случае определяется изменением свободной энергии активации $-\Delta G_B$ (кДж/кмоль) вязкого течения, которую можно определить из уравнения Френкеля-Эйринга (2) [4].

$$\eta = A_0 \cdot e^{\frac{-\Delta G_B}{R \cdot T}}, \quad (2)$$

где A_0 — постоянный коэффициент, Па·с, $R = 8,3144$ Дж/(моль·°К) — универсальная газовая постоянная; T — температура, °К;

Величина ΔG_B , в свою очередь, зависит от теплоты (ΔH_B) и энтропии (ΔS_B) активации вязкого течения [4]:

$$\eta = A_0 \cdot e^{\frac{-\Delta H_B}{R \cdot T}} \cdot e^{\frac{-\Delta S_B}{R}} = A' \cdot e^{\frac{-\Delta H_B}{R \cdot T}}, \quad (3)$$

где:

$$A' = A_0 \cdot e^{\frac{-\Delta S_B}{R}}, \quad (4)$$

Следовательно, величина, рассчитанная по тангенсу угла наклона логарифма вязкости от обратной температуры $\ln \eta \sim f(1/T)$, является теплотой активации течения. Для нахождения энтропии и свободной энергии активации вязкого течения, прежде всего следует определить величину постоянного коэффициента A_0 , что затруднительно.

В диапазоне температур от 20 до 30 °С для контрольного и от 15 до 25 °С для опытного образцов (рис. 1, область 1b, 2b) зависимость $\ln \eta \sim f(1/T)$ не линейна, что затрудняет экстраполяцию кривых к значению $T^{-1} = 0$, необходимую для расчета A_0 [4].

Определение энергий активации в зависимости от температуры позволяет судить о происходящих структурных изменениях в колбасном фарше, выработанном по традиционной технологии и с применением кавитационно обработанного рассола.

В последнее время этому направлению исследований уделяется значительное внимание [3–6].

Расчет значений показателей свободной энергии, теплоты и энтропии активации течения, приведен ниже.

Для вязких систем колбасных фаршей в области температур (1b, 2b) зависимость $\ln \eta \sim f(T^{-1})$ не линейна (рис. 2).

Изменение вязкости системы в зависимости от температуры может быть описано эмпирическим уравнением Аллена-Фокса [4]:

$$\ln \eta = B + \frac{K}{T^m}, \quad (5)$$

где B , K и m — постоянные коэффициенты, значения которых можно определить, используя методы изложенные в [2, 7], причем оба метода дают аналогичные результаты.

restoring. In addition, the temperature of the structure restoring for sausage meat test sample is lower than for control sample (figure 1), and that also reduces the speed and increases the structuring time of the food system.

The second area (1b, 2b), associated with a decrease in viscosity index is due to the destruction of the structure during thermal exposure. In this case, changes in viscosity are determined by the change in free energy of viscous flow activation $-\Delta G_B$ (kJ/kmole), which can be determined from the equation of Frenkel-Eyring (2) [4]:

$$\eta = A_0 \cdot e^{\frac{-\Delta G_B}{R \cdot T}}, \quad (2)$$

where A_0 = constant coefficient, Pa·s; $R = 8.3144$ J/(mole·°K) — the universal gas constant; T — temperature, °K).

The value ΔG_B , in turn, depends on the heat (ΔH_B) and entropy (ΔS_B) of viscous flow activation [4]:

$$\eta = A_0 \cdot e^{\frac{-\Delta H_B}{R \cdot T}} \cdot e^{\frac{-\Delta S_B}{R}} = A' \cdot e^{\frac{-\Delta H_B}{R \cdot T}}, \quad (3)$$

where:

$$A' = A_0 \cdot e^{\frac{-\Delta S_B}{R}}, \quad (4)$$

Therefore, the value calculated from the tangent of slope angle of the viscosity logarithm from the inverse temperature $\ln \eta \sim f(1/T)$ is the heat of viscous flow activation. To find the entropy and free energy of viscous flow activation, first we must determine the value of A_0 , which is difficult.

In the temperature range 20 to 30 °C for control sample and 15 to 25 °C for test sample (Figure 1, area 1b, 2b) the dependence of $\ln \eta \sim f(1/T)$ is not linear, which makes it difficult to extrapolate the curves to the value of $T^{-1} = 0$ that is necessary for calculating A_0 [4].

Determination of activation energies depending on temperature gives an indication of ongoing structural changes in sausage meat produced following the traditional technology and using the cavitation-treated brine.

In recent years, this line of research has received considerable attention [3–6].

The calculation of the parameters of the free energy, heat and entropy of viscous flow activation is shown below.

For viscous sausage meat systems in temperature area (1b, 2b) dependence of $\ln \eta \sim f(T^{-1})$ is nonlinear (fig. 2).

Changing the viscosity of the system depending on temperature can be described by the empirical Allen-Fox equation [4]:

$$\ln \eta = B + \frac{K}{T^m}, \quad (5)$$

where B , K and m — constant coefficients, which values can be determined using the methods described in [2, 7] and both methods give similar results.

The results of calculations of constant values for Allen-Fox equation are presented in Table. 3. Substituting the calculated values B , m and K in the equation (5) allows to calculate the viscosity indices of the food system at temperatures in the area (1b, 2b) with a high degree of approximation (r^2).

The above algorithm allows to calculate the values of the viscosity as a function of temperature and to extrapo-

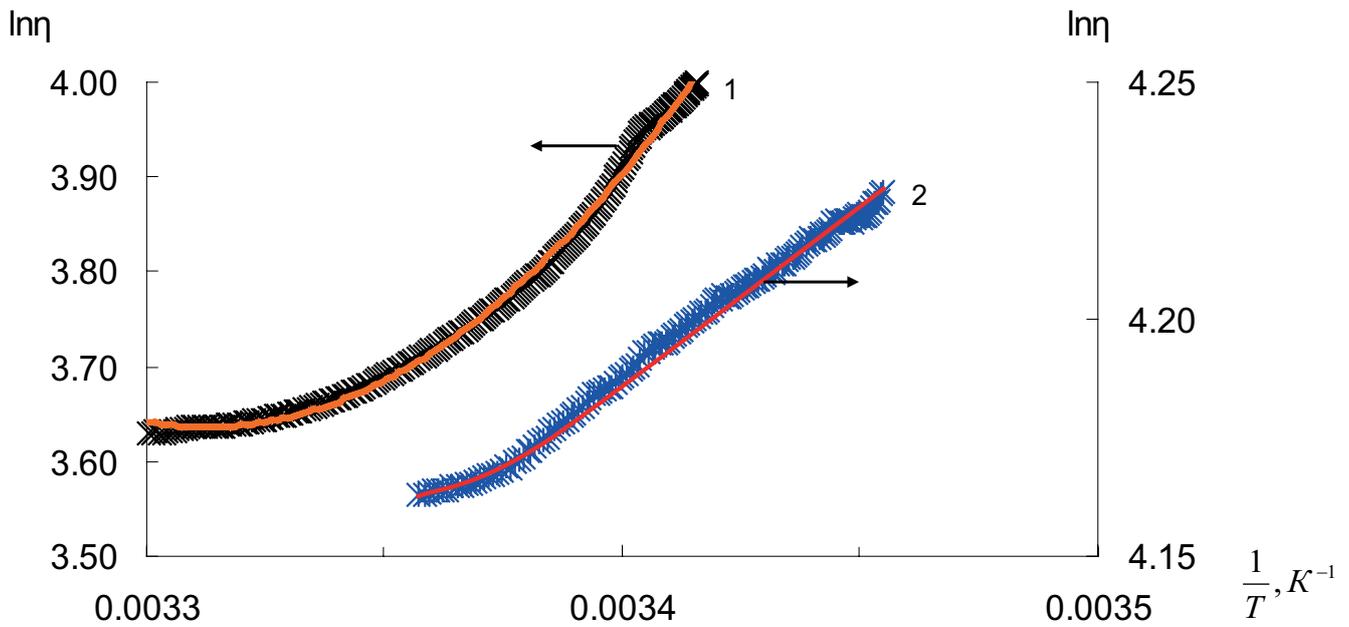


Figure 2. The viscosity changes depending on the temperature of the sausage meat samples during thermal treatment: 1 — control sample; 2 — test sample

Рис. 2 — Зависимость изменения вязкости от температуры в образцах колбасного фарша при термообработке: 1 — контрольный; 2 — опытный

Результаты расчетов значений констант уравнения Аллена-Фокса представлены в **таблице 3**. Подстановка рассчитанных значений B , m и K в уравнение (5) позволяет вычислить показатели вязкости пищевой системы при температурах в области (1b, 2b) с высокой степенью аппроксимации (r^2).

Изложенный выше алгоритм позволяет рассчитать значения показателей вязкости в зависимости от температуры и экстраполировать полученные экспериментальные зависимости вида $\ln \eta \sim f(T^{-1})$. При этом, очевидно, что $\ln \eta_{T \rightarrow \infty} = B$. Следовательно, коэффициент B равен логарифму предэкспоненциального множителя $\ln A_0$:

$$B = \ln \eta_{T \rightarrow \infty} = \ln A_0, \quad (6)$$

Зная значения показателя A_0 , можно рассчитать ΔG_B , ΔH_B и ΔS_B .

Теплота активации вязкого течения рассчитывается по формуле:

$$\frac{d \ln \eta}{d(T^{-1})} = \frac{\Delta H_B}{R}, \quad (7)$$

откуда:

$$R \cdot \frac{d \ln \eta}{d(T^{-1})} = \Delta H_B, \quad (8)$$

Свободная энергия и энтропия активации вязкого течения могут быть вычислены по формулам 9, 10 [4]:

$$R \cdot \frac{\ln \eta - \ln A_0}{T^{-1}} = \Delta G_B, \quad (9)$$

late experimental dependencies of $\ln \eta \sim f(T^{-1})$. Moreover, it is obvious that $\ln \eta_{T \rightarrow \infty} = B$. Consequently, B coefficient is equal to the logarithm of the preexponential factor $\ln A_0$:

$$B = \ln \eta_{T \rightarrow \infty} = \ln A_0, \quad (6)$$

Knowing the parameters A_0 we can calculate ΔG_B , ΔH_B and ΔS_B .

Heat of viscous flow activation is calculated by the following equation:

$$\frac{d \ln \eta}{d(T^{-1})} = \frac{\Delta H_B}{R}, \quad (7)$$

from where:

$$R \cdot \frac{d \ln \eta}{d(T^{-1})} = \Delta H_B, \quad (8)$$

Free energy and entropy of viscous flow activation can be calculated by the following equations 9, 10 [4]:

$$R \cdot \frac{\ln \eta - \ln A_0}{T^{-1}} = \Delta G_B, \quad (9)$$

$$\frac{\Delta H_B - \Delta G_B}{T} = \Delta S_B, \quad (10)$$

According to equations (8), (9), and (10) the values of ΔG_B , ΔH_B , ΔS_B for sausage meat were calculated depending on the temperature (**figure 3, 4**).

For the control sample, the heat of viscous flow activation dramatically decreases with the increase of temperature, and for test sample, it substantially does not change

Table 3. The values of the constants of Allen-Fox equation
Табл. 3. Значения констант уравнения Аллена - Фокса

Samples Образцы	B	K	m	r^2
Control sample Контрольный	3,60	$3,58 \cdot 10^{203}$	82,68	0,992
Test sample Опытный	3,59	$3,42 \cdot 10^9$	3,95	0,999

$$\frac{\Delta H_B - \Delta G_B}{T} = \Delta S_B, \quad (10)$$

По уравнениям (8), (9) и (10) были рассчитаны значения ΔG_B , ΔH_B и ΔS_B колбасного фарша в зависимости от температуры (рис. 3, 4).

Для контрольного образца теплота активации вязкого течения с увеличением температуры резко уменьшается, а для опытного образца практически не меняется в области (1b, 2b). Энтропия активации течения контрольного образца также резко уменьшается в зависимости от температуры, а для опытного образца указанный процесс незначителен.

Очевидно, что причины изменения теплоты и энтропии активации течения связаны с процессами разрушения структуры пищевых систем.

Для колбасного фарша, выработанного по традиционной технологии (контроль, рис. 3, кривая 1) характерно резкое уменьшение теплоты активации течения при нагревании, что обуславливает более высо-

in the area (1b, 2b). Flow activation entropy for the control sample was also dramatically reduced depending on the temperature while this process was negligible for the test sample.

Obviously, the reasons for changing the heat of viscous flow activation and flow activation entropy are associated with the destruction of the structure of food systems.

Sausage meat produced using traditional technology (control sample, figure 3, curve 1) is characterized by a dramatically decrease in the heat of viscous flow activation during heating, which leads to a higher rate of the structure destruction. For sausage meat containing a cavitation-treated brine (test sample, figure 3, curve 2), the heat of viscous flow activation is nearly constant during heating, which leads to a slight degradation of the structure.

Changes in entropy of viscous flow activation depending on the heating temperature are also illustrative (Figure 4). In the control sample, the food system is more

ΔH , кJ/mol | ΔH , кДж/моль

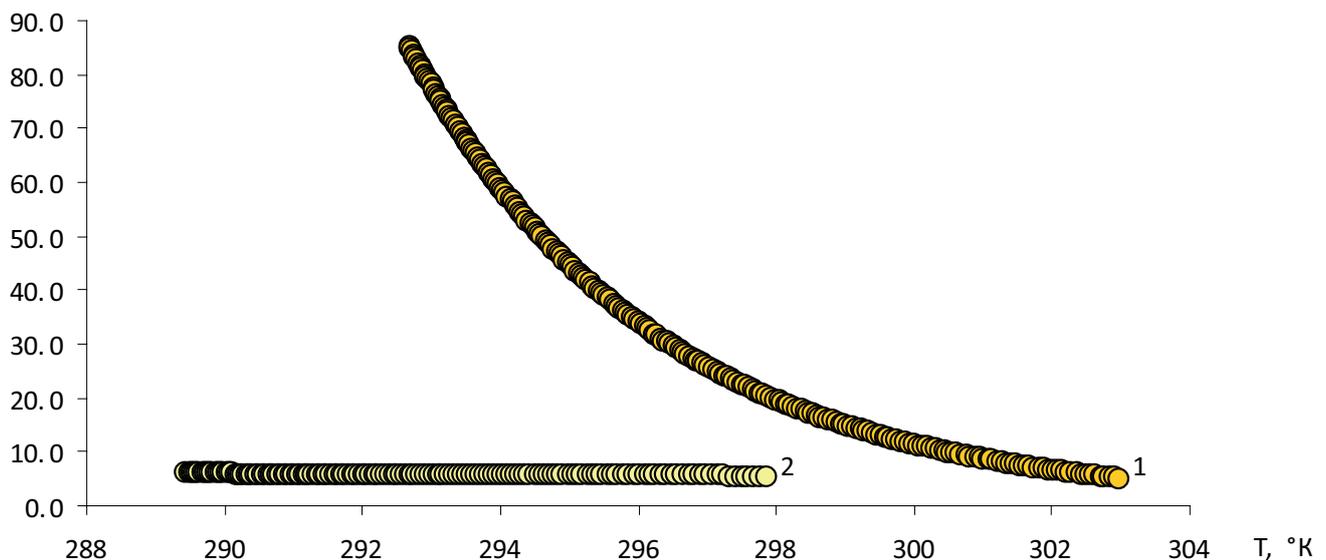


Figure 3. The dependence of the heat of viscous flow activation on the temperature in sausage meat samples: 1 – control sample; 2 – test sample
Рис. 3. Зависимость теплоты активации вязкого течения в образцах колбасного фарша от температуры: 1 – контрольный; 2 – опытный

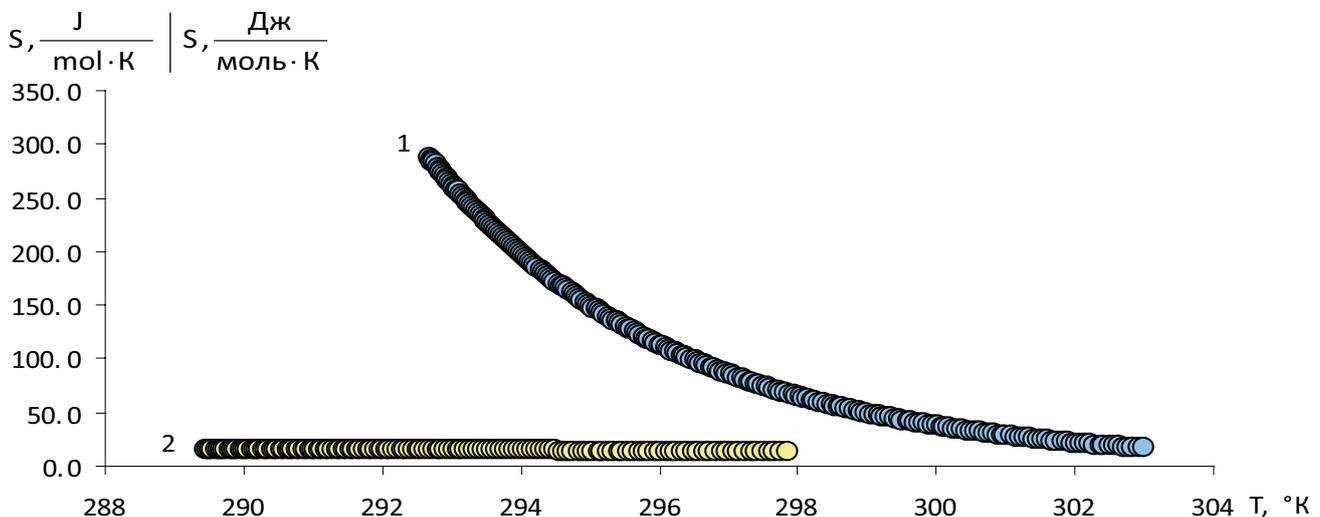


Figure 4 – The dependence of entropy of viscous flow activation on the temperature in sausage meat samples: 1 – control sample; 2 – test sample
Рис. 4. Зависимость энтропии активации вязкого течения от температуры образцов мясного фарша: 1 – контрольный; 2 – опытный

кий темп разрушения структуры. Для колбасного фарша, содержащего кавитационно обработанный рассол (опыт, рис. 3, кривая 2), теплота активации течения при нагревании практически постоянна, что приводит к незначительному разрушению структуры.

Показательны также изменения энтропии активации течения колбасного фарша в зависимости от температуры нагрева (рис. 4). В контрольном образце пищевая система более структурирована, так как изменения энтропии почти в 20 раз выше по сравнению с опытным при 293 °K (20 °C). В дальнейшем, изменения энтропии при повышении температуры резко уменьшаются в контрольном образце по сравнению с опытным.

В третьей области (рис. 1, области 1с, 2с) наблюдается увеличение вязкости при дальнейшем нагревании колбасного фарша, что обусловлено формированием структуры колбасы за счет денатурации мышечных белков. Для контрольного образца процесс структурирования начинается при 32 ÷ 33 °C, а для опытного — при 26 ÷ 27 °C (рис. 1). Из рис. 1 видно, что увеличение вязкости идет не монотонно. Достигая значений 70 ÷ 75 Па·с показатель вязкости изменяется скачкообразно: такое поведение, вероятно, связано с релаксацией сдвиговых напряжений в пищевой системе.

Выводы

Формирование структуры колбасных изделий начинается с поверхности и протекает более интенсивно, чем внутри образца. Такая неравномерность в формировании структуры приводит к возникновению напряжений, снятие которых в пищевой системе происходит за счет их релаксации.

Таким образом, при формировании структуры при варке колбасных изделий можно говорить о двойственном процессе: с одной стороны, идет структурирование, а с другой, имеет место релаксация, т.е. выравнивание напряжений в объеме колбасного изделия [5].

Данные, представленные на реограмме течений (рис. 1), свидетельствуют о том, что релаксационные процессы более активно происходят в колбасных изделиях с кавитационно обработанным рассолом, что приводит к ослаблению формирующейся структуры колбасного изделия. Получающийся продукт имеет нежную, эластичную консистенцию и ярко выраженный вкус, более предпочтительный для потребителя.

Благодарность

Работа выполнена в рамках Гранта на 2015 г., выделенного Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ), для финансирования научно-го проекта №15-58-45028 «Теоретические аспекты сонохимического воздействия на пищевые эмульсии»

structured, as the changes in entropy are almost 20 times higher as compared with test sample at 293 °K (20 °C). Subsequently, changes in entropy with increasing temperature for the control sample dramatically decrease as compared with the test sample.

In the third area (figure 1, area 1c, 2c) there is an increase in viscosity when sausage meat is heated, which is caused by the formation of structure due to muscle protein denaturation. For the control sample, the structuring process starts at 32 ÷ 33 °C, and for the test sample, it starts at 26 ÷ 27 °C (figure 1). Figure 1 shows that the viscosity increase is not monotonic. At the values of 70 ÷ 75 Pa·s, viscosity index changes abruptly: such a behavior is probably due to the relaxation of shear stresses in the food system.

Conclusion

Structure formation in sausage products starts at the surface and proceeds more rapidly than inside the sample. Such an unevenness in the formation of structure leads to stresses, removal of which in the food system is due to their relaxation.

Thus, the formation of structure during the cooking of sausage products is a dual process: on the one hand, the structuring is going on, and on the other hand, the relaxation takes place, i.e. equalization of stresses in the bulk sausage product [5].

Data presented on the flow rheogram (figure 1) show that the relaxation processes occur more extensively in sausages containing cavitation-treated brine, which leads to a weakening of forming structure of the sausage product. The finished product has a gentle and elastic consistency and a distinct taste that makes it more preferable for the consumer.

Acknowledgments

The study was carried out in the framework of the Grant for 2015, awarded by the Russian Foundation for Fundamental Research (RFFR) for financing the scientific project No 15-58-45028 «The theoretical aspects of the sonochemical effect on food emulsions».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Красуля О.Н. Использование сонохимии при производстве вареных колбасных изделий [Текст]/ О.Н. Красуля, В.И. Богуш, О.А. Долгова, Т.А. Мишарина // Мясная индустрия, №7, 2013.
2. Ларсен, Рональд У. Инженерные расчеты в Excel [Текст]/ Рональд У. Ларсен. — Москва: Издательский дом «Вильямс», 2004.
3. Евтушенко, А.М. Влияние сонохимической обработки рас-сола на свойства мясных эмульсий [Текст]/ А.М. Евтушенко, Н.А. Дроздова, И.Г. Крашенинникова, О.Н. Красуля // Мясная индустрия, №10, 2011.
4. Тагер, А. А. Физико-химия полимеров [Текст]/ А. А. Тагер. — Москва: Научный мир. 2007.
5. Косой В. Д. Инженерная реология в производстве колбас [Текст]/ В.Д. Косой, А. Д. Малышев, С. Б. Юдина. — М.: КолосС, 2005.
6. Малкин, А.Я. Реология: концепции, методы, приложения [Текст]/ А.Я. Малкин, А.И. Исаев. - С-Пб.: Профессия, 2007.
7. Подгорнова, Н.М. Термодинамические функции вязкого течения водных растворов стевииозидов [Текст]/ Н.М. Подгорнова, С.М. Петров, Ю.Н. Сорокина, Д.Н. Варламов // Хранение и переработка сельхозсырья, №1, 2005.

REFERENCES

1. O. N. Krasulya, V.I. Bogush, O.A. Dolgova, T.A. Misharina. Use of sonochemistry in production of cooked sausage products. Meat Industry, 2013, 7.
2. Ronald W. Larsen Engineering with Excel. Moscow, Publishing house "Williams", 2004.
3. A.M. Evtushenko, N.A. Drozdova, I.G. Krashennnikova, O.N. Krasulya. Effect of sonochemical treatment of brine on properties of meat emulsions. Meat Industry, 2011, 10.
4. Tager A. A. Physical chemistry of polymers, Moscow, Nauchny Mir, 2007.
5. V.D. Kosoy, A.D. Malyshev, S.B. Yudina — Engineering reology in sausage production. M. Kolos, 2005.
6. A.Ya. Malkin, A.I. Isaev Reology: concepts, methods, applications, S-Pb.: Professia, 2007.
7. N.M. Podgornova, S.M. Petrov, Yu.N. Sorokina, D.N. Varlamov. Thermodynamic functions of viscous flow of aqueous solutions of stevioside // Khranenie i Pererabotka Sel'khozsyriya).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Евтушенко Анатолий Михайлович — доктор химических наук, профессор кафедры «Технология продуктов питания», ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского»

Тел.: 8-926-6089350

E-mail: igkrashenin1@rambler.ru

Красуля Ольга Николаевна — доктор технических наук, профессор кафедры «Регулирование продовольственного рынка пищевой, перерабатывающей промышленности и экспертиза товаров» ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского»

Тел.: 8-915-3118930

E-mail: okrasulya@mail.ru

Крашенинникова Ирина Геннадьевна — доктор технических наук, профессор кафедры «Технология продуктов питания», ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского»

Тел.: 8-926-8129174

E-mail: irina2011@rambler.ru

Колкин Артур Владимирович — аспирант, кафедры «Технология продуктов питания», ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского»

Тел.: 8-919-9981200

E-mail: kolkin.artur@yandex.ru

Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.

Все авторы в равной степени участвовали в этой работе.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 11.01.2016

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Evtushenko Anatoly Mikhailovich — doctor of chemical Sciences, Professor of the Department «Technology of food products», FGBOU VPO «Moscow state University of technologies and management. K. G. Razumovsky»

Ph.: 8-926-6089350

E-mail: igkrashenin1@rambler.ru

Krasulya Olga Nikolaevna — doctor of technical Sciences, Professor of the Department «Regulation of the food market the food industry and examination of goods», FGBOU VPO «Moscow state University of technologies and management. K. G. Razumovsky»

Ph.: 8-915-3118930

E-mail: okrasulya@mail.ru

Krashennnikova Irina Gennad'evna — doctor of technical Sciences, Professor of the Department «Technology of food products», FGBOU VPO «Moscow state University of technologies and management. K. G. Razumovsky»

Ph.: 8-926-8129174

E-mail: irina2011@rambler.ru

Kolkin Arthur Vladimirovich — postgraduate student of the Department «Technology of food products», FGBOU VPO «Moscow state University of technologies and management. K. G. Razumovsky»

Ph.: 8-919-9981200

E-mail: kolkin.artur@yandex.ru

Contribution

All authors have responsibility for the information in manuscript. All authors involved in this work in equal parts.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 11.01.2016

EFFECT OF SUBCRYOSCOPIC STORAGE TEMPERATURE ON THE QUANTITY OF FROZEN-OUT WATER IN NOR AND DFD BEEF

ВЛИЯНИЕ СУБКРИОСКОПИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ХРАНЕНИЯ НА КОЛИЧЕСТВО ВЫМОРОЖЕННОЙ ВОДЫ В NOR И DFD ГОВЯДИНЕ

Dibirasulaev M.A., Belozerov G.A., Dibirasulaev D.M., Orlovsky D.E.

The All-Russian Scientific Research of Refrigeration Industry, Moscow, Russia

Ключевые слова: NOR и DFD говядина, субкриоскопическая температура хранения, pH, количество вымороженной воды.

Keywords: NOR and DFD beef, subcryoscopic temperature of storage, pH, quantity of frozen-out water.

Аннотация

Проведена сравнительная оценка экспериментальных и расчетных методов определения количества вымороженной воды, предложенных В. Жаданом, В. Латышевым, Й. Нагаока, Л. Риделем, Д. Рютовым и Г. Чижовым применительно к мясу крупного рогатого скота в диапазоне температур от минус 1°C до минус 30°C.

Показано, что значения доли вымороженной воды, определенные по формуле Й. Нагаока, на 6–7% выше, чем экспериментальные данные Л. Риделя в диапазоне температур от минус 7°C до минус 30°C. С понижением температуры мяса от –7°C до –30°C разница в экспериментальных данных Л. Риделя и В. Латышева достигает 5%.

Значения, соответствующие наиболее надежным экспериментальным данным Л. Риделя для говяжьего мяса ($t_{cr} = -0,95^\circ\text{C}$), принятых в рекомендациях МИХ, наиболее точно описываются теоретической зависимостью, предложенной Д. Рютовым. По этой зависимости определено количество вымороженной воды в интервале температур от минус 1°C до минус 4°C применительно к NOR и DFD мясу.

Установлено, что при разнице криоскопической температуры 0,3°C между обоими видами мяса содержание льда при температуре минус 2,0°C в DFD мясе на 13,0% больше, чем в NOR мясе, а для обеспечения одинакового количества содержания вымороженной воды 30% температура хранения для NOR мяса должна быть на 0,5°C ниже, чем для DFD.

Введение

При сохранении продуктов животного происхождения в свежем виде стремились к максимальному понижению температуры объекта, не допускающему кристаллообразования в его тканях. Как показала практика, такое охлаждение не задерживает в достаточной степени развития ферментативных и микробиологических процессов и не обеспечивает сохранения качества продуктов в течение длительного времени. Для увеличения срока хранения продуктов животного происхождения рекомендуется их подмораживать и хранить при субкриоскопической температуре ($-2 \div -3^\circ\text{C}$) [1].

Впервые способ сохранения качества пищевых продуктов при субкриоскопических температурах хранения (минус 0,5 ÷ минус 4°C) был предложен Le Danois, 1920 г [2]. Основным преимуществом внедрения данной технологии является увеличение срока хранения сверхохлажденных продуктов в 1,4–4 раза по сравнению с традиционным охлаждением [3].

Abstract

The comparative assessment of the experimental and computational methods for detecting the quantity of frozen-out water proposed by V. Zhadan, V. Latyshev, J. Nagaoka, L. Riedel, D. Ryutov and G. Chizhov as applied to beef in the temperature range of -1°C to -30°C was carried out.

It was shown that the values of frozen-out water proportion detected by the formula of J. Nagaoka were 6–7% higher than the experimental data of L. Riedel in a temperature range of -7°C to -30°C . With decrease of the meat temperature from -7°C to -30°C , the difference in the experimental data obtained by L. Riedel and V. Latyshev reaches 5%.

The values corresponding to the most reliable experimental data of L. Riedel for beef ($t_{cr} = -0,95^\circ\text{C}$), which were adopted in the recommendations of the International Institute of Refrigeration (IIR), are most accurately described by the theoretical dependence proposed by D. Rutov. Using this dependence, the quantity of frozen-out water in a temperature range of -1°C to -4°C was detected as applied to NOR and DFD meat.

It was established that at a difference of the cryoscopic temperature of 0,3°C between two groups of meat, the ice content at a temperature of -2°C is 13,0% higher in DFD meat compared to NOR meat, and in order to ensure the same content of frozen-out water (30%), the storage temperature for NOR meat should be 0,5°C lower than that for DFD meat.

Introduction

In preserving products of animal origin in the fresh condition, the aim has been the maximum decrease in an object temperature that prevents the crystal formation. As practice shows, this cooling does not retard sufficiently the development of the enzymatic and microbiological processes and does not ensure preservation of product quality for a long period of time. To extend a shelf-life of products of animal origin, it is recommended to slightly freeze them and store at the subcryoscopic temperatures ($-2 \div -3^\circ\text{C}$) [1].

For the first time, the method of food quality preservation at the subcryoscopic storage temperatures ($-0,5 \div -4^\circ\text{C}$) was proposed by Le Danois in 1920 [2]. The main advantage of this technology is extending the shelf-life of supercooled products 1.4–4 times compared to the traditional cooling [3].

Возможность применения субкриоскопической температуры для сохранения пищевых продуктов в сверхохлажденном состоянии отмечается и в настоящее время [4–8]. Сверхохлаждение определяется как технология, при которой температура продуктов понижается на 1–2 °С ниже точки криоскопической температуры продукта. Применение сверхохлаждения в промышленности может уменьшить использование замораживания — размораживания и, следовательно, снизить трудо-затраты, расходы на энергию и потери массы продукта. Основным параметром, определяющим качество сверхохлажденного продукта, является степень перехода воды в лёд (от 5 до 50%).

В этих работах показана так же значимость определения размеров и локализации кристаллов льда, содержащихся в продукте при суперохлаждении и хранении при субкриоскопических температурах. Однако вопрос зависимости количества вымороженной воды от качественных групп мяса недостаточно исследован.

Недавними исследованиями М. Фараук и др. [9–10] установлена зависимость криоскопической температуры от активной кислотности мяса (рН). Согласно этим исследованиям была доказана гипотеза о том, что существует связь между более высокой точкой заморзания и повышением рН в мясе. По данным исследователей криоскопическая температура для говядины меняется от –0,9 до –1,5 ($\Delta = 0,6$ °С) в зависимости от уровня рН ($r = + 0,73$, $P < 0,01$).

Целью настоящей работы является определение зависимости количества вымороженной воды от качественных групп мяса крупного рогатого скота в области субкриоскопических температур.

Материалы и методы

При проведении исследований определяли значения параметров процессов охлаждения, хранения и показателей качества мяса говядины первой категории с использованием современных приборов и методов исследований:

- температура и влажность воздуха и температура мяса с применением электронных самописцев, предназначенных для измерения, регистрации и хранения данных с последующей их передачей на компьютер и выводом в виде графиков температуры и влажности [11];
- величина рН мяса (активная кислотность среды) комбинированным рН-метром 205 фирмы «Testo» для непосредственного измерения величины активной кислотности в мышечной ткани. Диапазон измерения активной кислотности среды от 0 до 14 ед. с погрешностью $\pm 0,01$ ед.
- криоскопическая температура по методике, описанной С. Джеймс [12] с определением температуры стабилизации на кривой замораживания с применением прецизионного измерителя температуры при температуре воздуха минус 20 °С $\pm 1,0$ °С. Предел допускаемой основной погрешности прибора, °С $\pm (0,015 + 10^{-5} \cdot T)$.

At present, the possibility to use the subcryoscopic temperature for preservation of food products in the supercooled condition is also noted [4–8]. Supercooling is defined as a technology, in which the temperature of products is decreased to a point that is 1–2 °C lower than the point of a product cryoscopic temperature. Application of supercooling in the industry can reduce use of freezing — thawing and consequently, lower labor costs, power costs and product mass losses. The main parameter determining the quality of a supercooled product is the degree of transition of water into ice (5 to 50%).

In these works, the significance of determining the size and location of the ice crystals present in a product upon supercooling and storing at the subcryoscopic temperatures is also shown. However, the question of dependence of the quantity of frozen-out water on the meat quality groups has not been adequately studied.

In their recent studies, Farouk M.M. et al. [9–10] have established the dependence of the cryoscopic temperature on the active acidity of meat (pH). According to these studies, the hypothesis on the relationship between the higher point of freezing and increase in meat pH has been proven. The data of the researchers show that the cryoscopic temperature of beef changes from –0,9 to –1,5 ($\Delta = 0,6$ °C) depending on the pH level ($r = + 0,73$, $P < 0,01$).

The aim of the present work was establishing the dependence of the quantity of frozen-out water on the quality groups of beef in the range of the cryoscopic temperatures.

Materials and methods

When conducting the experiments, the values of the parameters of cooling and storage processes and quality indicators of beef of category 1 were determined using the modern instruments and methods of investigation:

- air temperature and humidity, meat temperature using electronic recorders for data measuring, recording and storing with their subsequent transfer to a computer and plotting them on the temperature and humidity graphs [11];
- meat pH value (active acidity of the medium) with the combined pH-meter Testo 205 for direct detection of active acidity in meat tissue. The measurement range of active acidity of the medium is 0 to 14 pH with accuracy $\pm 0,01$ pH.
- cryoscopic temperature according to the method described by S. James [12] with detection of the stabilization temperature on the freezing curve using precision temperature gauge at an air temperature of –20 °С $\pm 1,0$ °С with the acceptable basic error limit of the device, °С $\pm (0,015 + 10^{-5} \cdot T)$.

Результаты и их обсуждение

Данные по определению точности поддержания температуры воздуха в камерах хранения и обоснованию метода расчета количества вымороженной воды при субкриоскопической температуре хранения мяса различных качественных групп приведены (рис. 1–3). Мониторинг температуры в камерах при близ- и субкриоскопических режимах хранения (рис. 1а, 1б) показывает, что при средней температуре воздуха $-0,55^{\circ}\text{C}$ и $-2,70^{\circ}\text{C}$ значения стандартного отклонения составляют $S = \pm 0,14^{\circ}\text{C}$ и $S = \pm 0,15^{\circ}\text{C}$.

Results and discussion

The data on detecting the accuracy of air temperature maintenance in the storage rooms and substantiation of the method for calculating the quantity of frozen-out water at the subcryoscopic storage temperature of meat from different quality groups is given in figure 1–3. Monitoring of the temperature in the rooms at near- and subcryoscopic storage regimes (figure 1a, 1b) shows that at the average air temperatures of $-0,55^{\circ}\text{C}$ and $-2,70^{\circ}\text{C}$, the values of the standard deviation are $S = \pm 0,14^{\circ}\text{C}$ and $S = \pm 0,15^{\circ}\text{C}$.

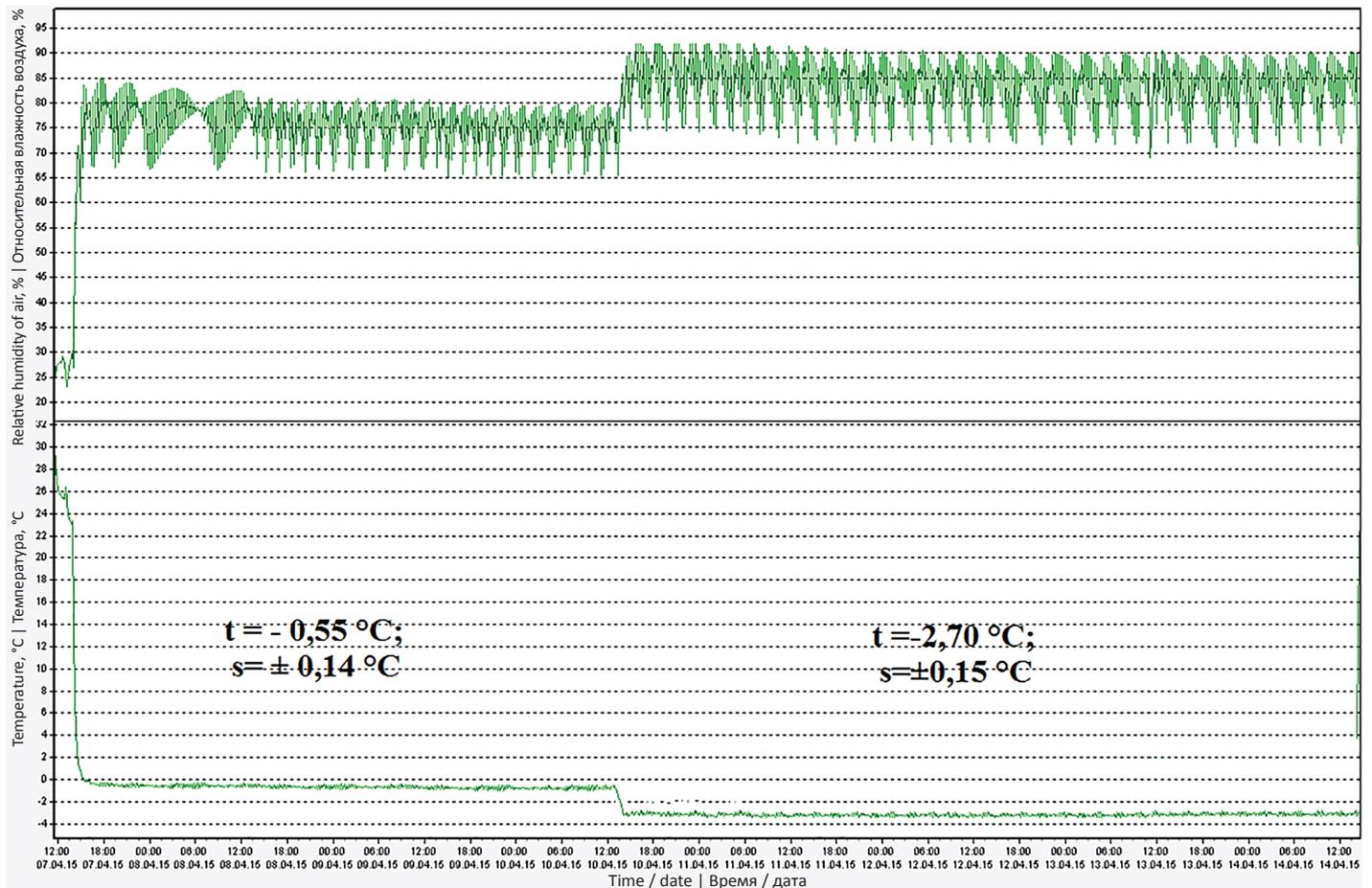


Figure 1a. Thermo-hygrogram of the near- and subcryoscopic meat storage regimes in the experimental storage rooms LG R-K182FR
Рис. 1а. Термо-гигрограмма близ- и субкриоскопических режимов хранения мяса в экспериментальных камерах хранения LG R-K182FR

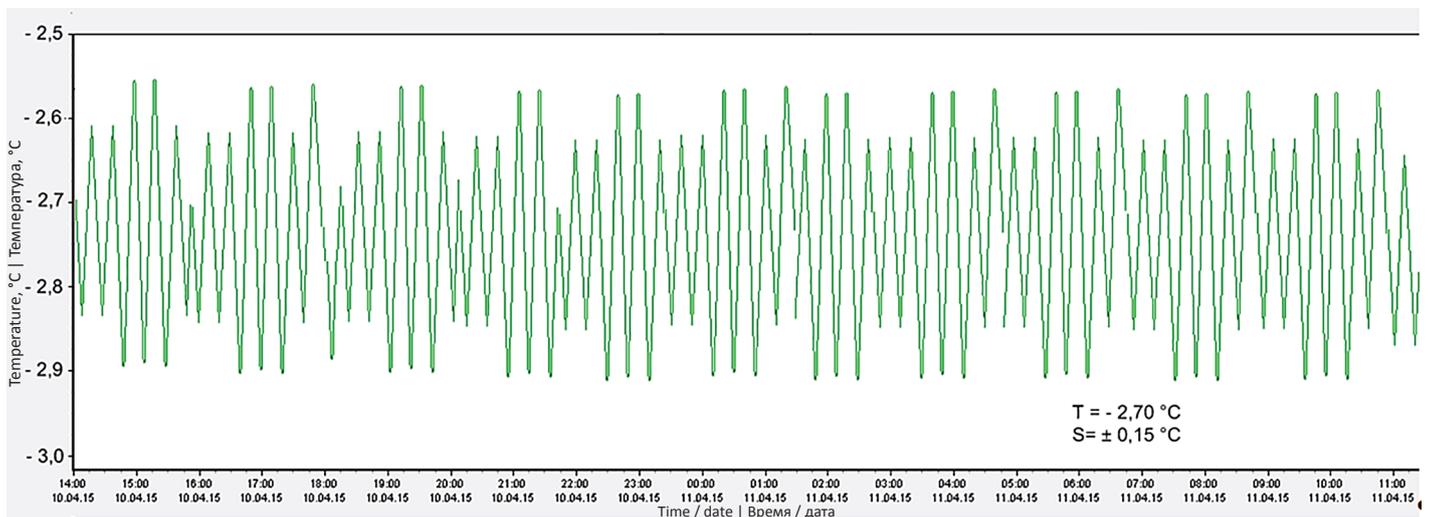


Figure 1b. Thermogram of the subcryoscopic meat storage regime in the experimental storage room LG R-K182FR
Рис. 1б. Термограмма субкриоскопического режима хранения мяса в экспериментальной камере хранения LG R-K182FR

Сравнительная оценка экспериментальных и расчётных методов определения количества (доли) вымороженной воды, принятых в России применительно к мясу крупного рогатого скота (рис. 2) [13–18] показывает, что значения доли вымороженной воды, определенные по формуле Й. Нагаоки, на 6–7 % выше, чем экспериментальные данные Л. Риделя при температурах от минус 7 °С до минус 30 °С. С понижением температуры мяса от –7 °С до –30 °С разница в экспериментальных данных Л. Риделя и В. Латышева повышается до 5 %, а в расчётных — Д. Рютова и Г. Чижова до 3,5 %. Разница в доле вымороженной воды в принятом диапазоне температур, полученная по расчётным данным В. Жадана Г. Чижова, не превышает 2,0 %.

Значения, соответствующие наиболее надёжным экспериментальным данным Л. Риделя, принятых в рекомендациях МИХ по производству и хранению замороженных пищевых продуктов [19], наиболее точно описываются теоретической зависимостью [16], предложенной Д. Рютовым:

$$\omega = \left[1 - b \frac{1-w}{w}\right] \cdot \left[1 - \frac{t_{кр}}{t}\right] \quad (1)$$

где: ω — доля вымороженной воды в продукте; w — общее содержание воды в продуктах (г на 1 г продукта); b — содержание связанной воды в продукте (г на 1 г сухих веществ); $t_{кр}$ — криоскопическая температура продукта, °С.

Определяемая по этой формуле доля вымороженной воды в продукте зависит не от одной характеристики продукта $t_{кр}$, а от трёх его независимых характеристик (рис. 2): $t_{кр}$, b и w , которые определяются экспериментальным путём.

The comparative assessment of the experimental and computational methods for detecting the quantity (proportion) of frozen-out water, which are adopted in Russia as applied to beef [13–18] (figure 2), shows that the values of the frozen-out water proportion detected by the formula of J. Nagaoka were 6–7 % higher than the experimental data of L. Riedel at the temperatures of –7 °С to –30 °С. With reduction of the meat temperature from –7 °С to –30 °С, the difference in the experimental data obtained by L. Riedel and V. Latyshev increased to 5 %, and in the computational data of D. Ryutov and G. Chizhov to 3,5 %. The difference in the proportion of frozen-out water in the given temperature range obtained by the computational data of V. Zhadan and G. Chizhov does not exceed 2 %.

The values corresponding to the most reliable experimental data of L. Riedel, which were adopted in the Recommendations of the International Institute of Refrigeration (IIR) for the Processing and Handling of Frozen Foods, are most accurately described by the theoretical dependence proposed by D. Rutov:

$$\omega = \left[1 - b \frac{1-w}{w}\right] \cdot \left[1 - \frac{t_{cr}}{t}\right] \quad (1)$$

where: ω — the proportion of frozen-out water in a product; w — total content of water in a product (g per 1 g of a product); b — content of bound water in a product (g per 1 g of dry matter); t_{cr} — cryoscopic temperature of a product, °С.

The proportion of frozen-out water in a product that is determined by this formula depends not on one characteristic of a product (t_{cr}), but on three independent characteristics (figure 2): t_{cr} , b and w , which are obtained by experimental means.

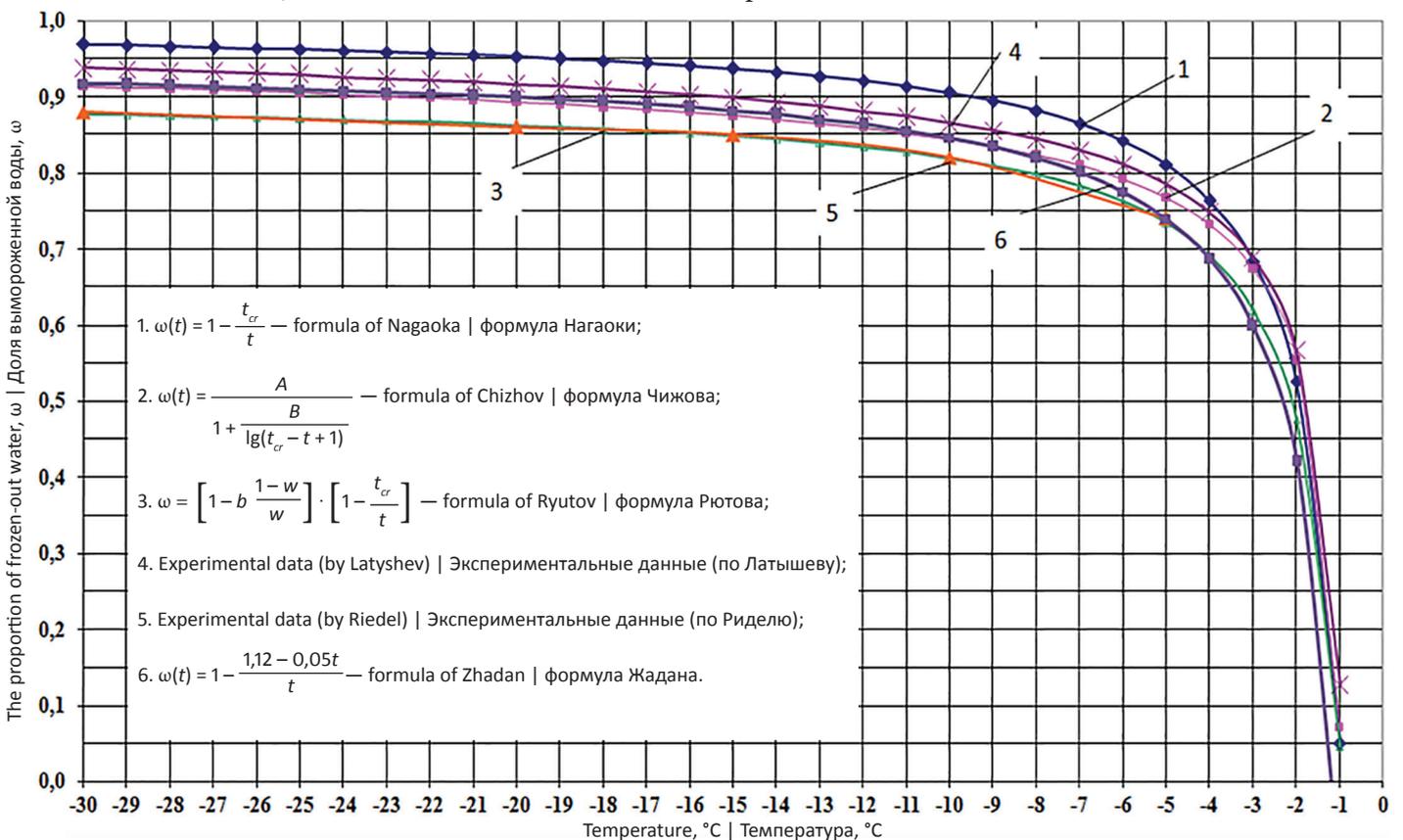


Figure 2. Comparative computational and experimental data on the quantity of frozen-out water in beef
Рис. 2. Сравнительные расчётные и опытные данные по количеству вымороженной воды в мясе говядины

Сопоставление данных (рис. 3) доли вымороженной воды, определённых при температурах -5 , -10 , -15 , -20 , -30 °С для восьми видов продукта (говядина, пикша, треска, морской окунь, яичный белок, дрожжи, зелёный горошек, шпинат), полученных экспериментально Л. Риделем и расчетным путем по формуле Д. Рютова показывает [14, 16, 19], что из 40 значений 33 совпадают, а лишь семь отличается на 1%. Поэтому для определения количества вымороженной воды при субкриоскопических температурах использовали зависимость Д. Рютова.

Comparison of the data (figure 3) of the proportion of frozen-out water determined at the temperatures -5 , -10 , -15 , -20 , -30 °C for eight types of products (beef, haddock, cod, redfish, egg protein, yeasts, green peas, spinach), which were obtained experimentally by L. Riedel and by calculation using the formula of D. Ryutov shows [14, 16, 19] that 33 of 40 values coincide and only seven differ by 1%. Thus, the dependence of D. Ryutov was used for detecting the quantity of frozen-out water at the subcryoscopic temperatures.

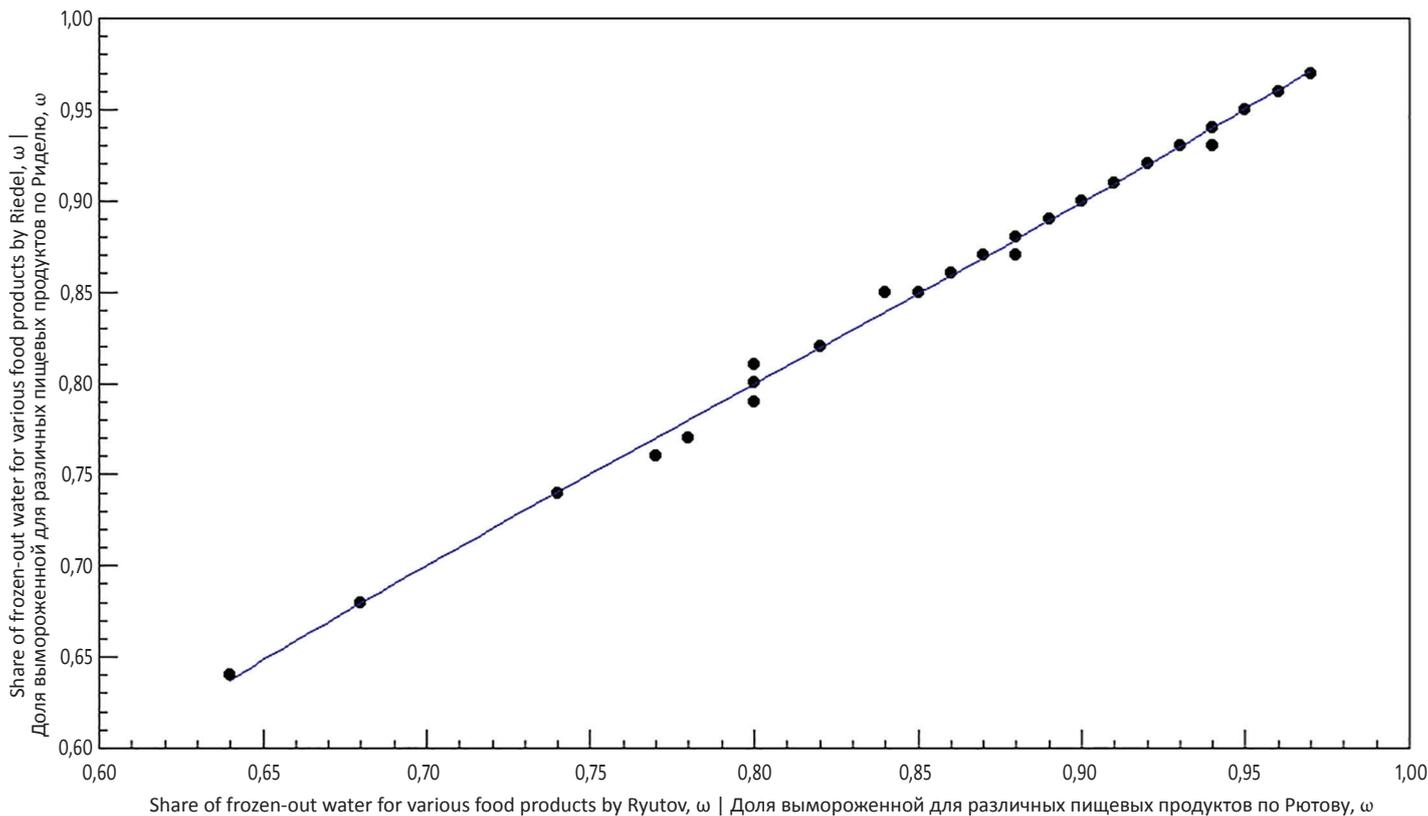


Figure 3. Experimental and computational data (L. Riedel, D. Ryutov) on the quantity of frozen-out water
Рис. 3. Экспериментальные и расчетные данные (Ридель, Рютов) доли вымороженной воды

На рисунке 4–5 приведены кривые зависимости изменения температуры от продолжительности процесса замораживания, использованные для определения значений криоскопической температуры (рис. 4), и экспериментальные данные зависимости криоскопической температуры от величины pH мяса (рис. 5). Из данных исследований по определению зависимости криоскопической температуры от pH мяса следует, что максимальная разница в значениях криоскопических температур для 20 образцов мяса составляет $0,35$ °С.

Данные, полученные по зависимости Д. Рютова для определения доли вымороженной воды применительно к различным качественным группам мяса при разности криоскопических температур $0,3$ °С (от $-0,95$ °С до $-1,25$ °С), приведены на рис. 6.

Анализ данных рисунка 6 показывает, что при субкриоскопической температуре минус 2 °С (подмороженное мясо) содержание льда в DFD мясе на 13% больше, чем в нормальном мясе, а при одинаковом содержании льда (30%) в сверхохлажденном мясе разница в температурах хранения нормального и DFD мяса составляет $0,5$ °С.

Figure 4–5 present the curves of dependence of temperature changes on duration of the freezing process used for detecting the values of the cryoscopic temperature (figure 4) and the experimental data on the dependence of the cryoscopic temperature on pH values of meat (figure 5). From the experimental data on the dependence of the cryoscopic temperature on pH values, it is evident that the maximal difference in the values of the cryoscopic temperatures for 20 meat samples is $0,35$ °С.

The data obtained by the dependence of D. Ryutov for detecting the proportion of frozen-out water as applied to different meat quality groups at a difference of the cryoscopic temperatures of $0,3$ °С (from $-0,95$ °С to $-1,25$ °С) are given in figure 6.

Analysis of the data from figure 6 shows that at the subcryoscopic temperature of -2 °С (slightly frozen meat), the ice content in DFD meat is 13% higher than in normal meat, and at the same ice content (30%) in supercooled meat, the difference in the storage temperatures of normal and DFD meat is $0,5$ °С.

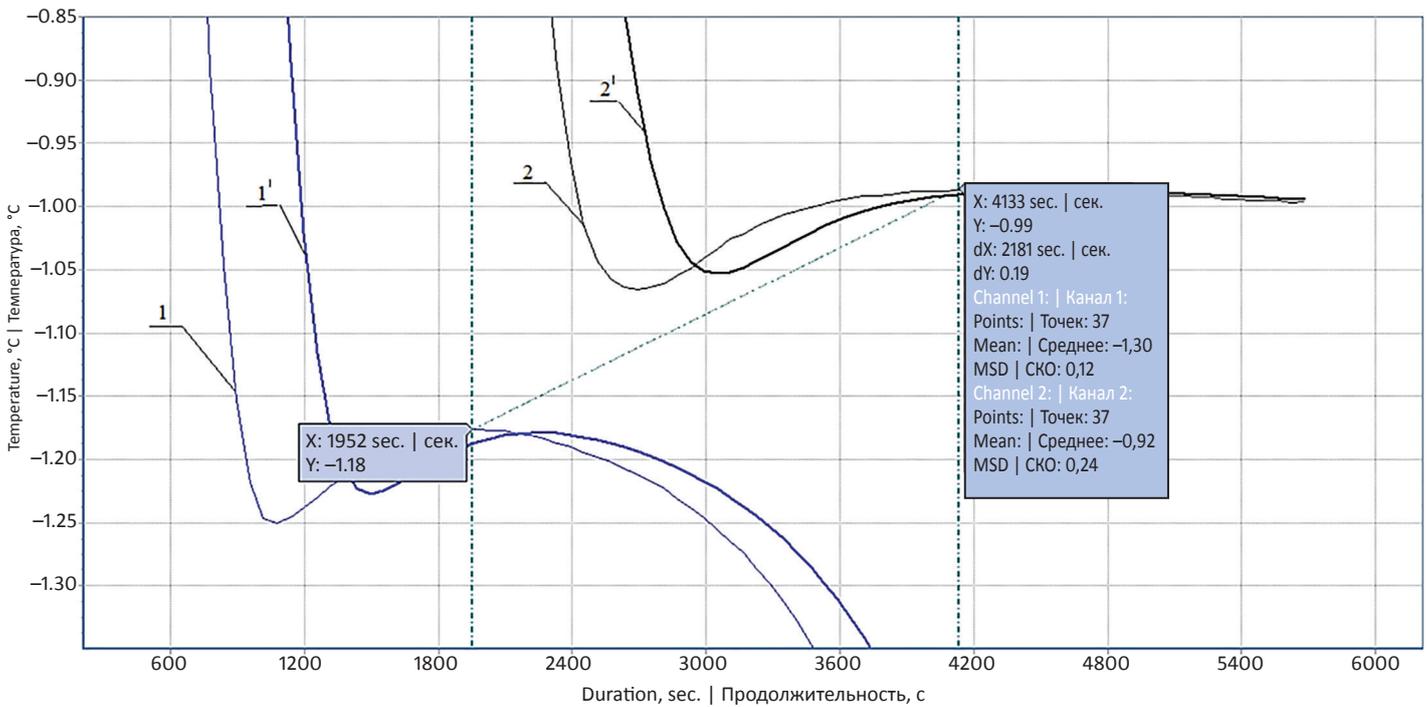


Figure 4. The graph of dependency of meat sample temperature on the freezing process duration: 1, 2 — curves of the measurement results; 11, 21 — curves of the moving averages, Y — meat cryoscopic temperature

Рис. 4. График зависимости температуры образца мяса от продолжительности процесса замораживания: 1, 2 — кривые результатов измерений, 1', 2' — кривые скользящих средних, Y — криоскопическая температура мяса

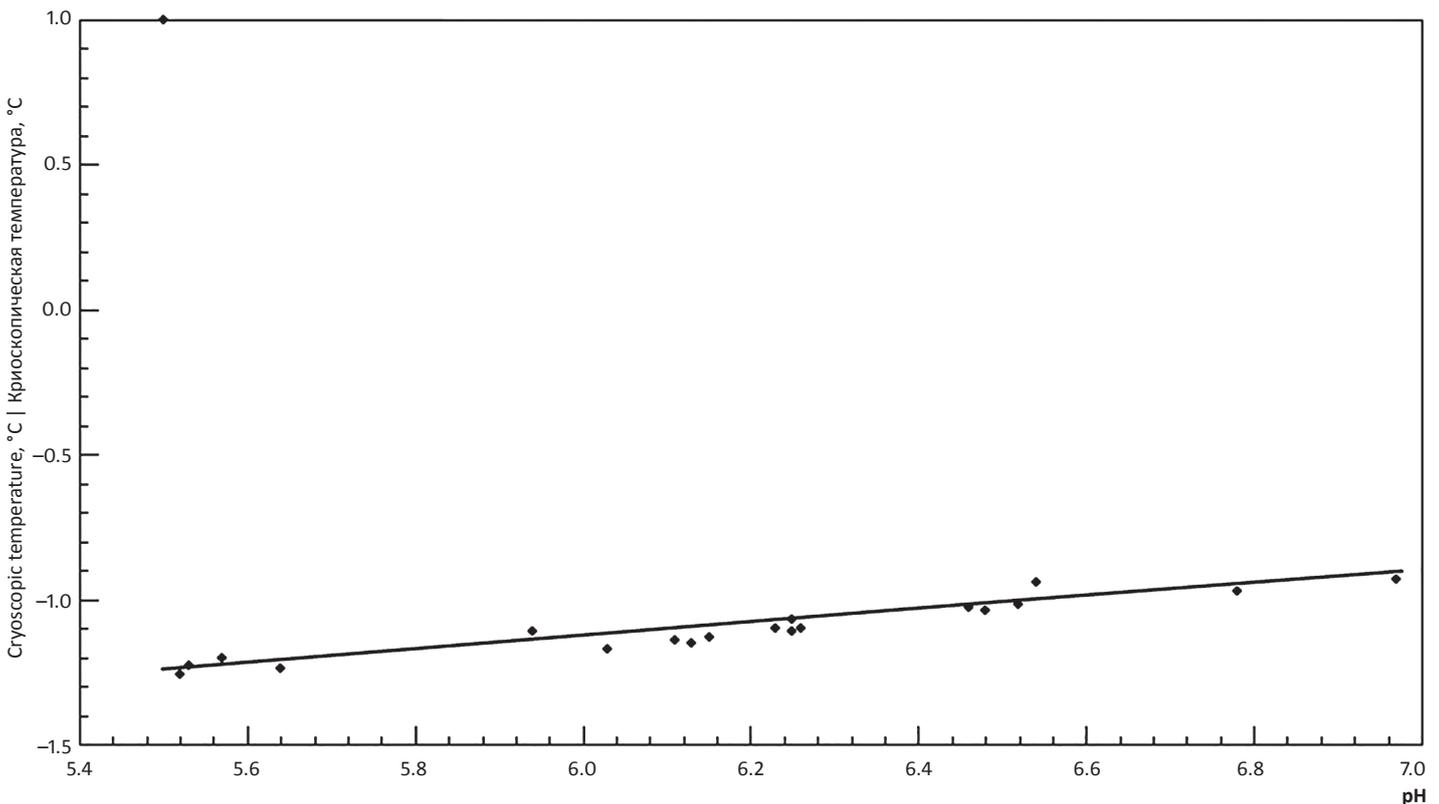


Figure 5. Dependence of the cryoscopic temperature on meat pH

Рис. 5. Зависимость криоскопической температуры от pH мяса

Выводы

1. Проведены сравнительные исследования различных методов определения количества вымороженной воды в мясе говядины, используемых в России. Показано, что значения, соответствующие наиболее надежным экспериментальным данным Л. Риделя, принятых

Conclusion

1. The comparative analysis of the different methods for detecting the quantity of frozen-out water in beef that are used in Russia was carried out. It was shown that the values corresponding to the most reliable experimental data of L. Riedel, which were adopted in the Recommendations

в рекомендациях МИХ по производству и хранению замороженных пищевых продуктов, наиболее точно описываются теоретической зависимостью, предложенной Д. Рютовым.

2. Установлено, что при разнице криоскопической температуры $0,3^{\circ}\text{C}$ для различных качественных групп мяса содержание льда при температуре минус $2,0^{\circ}\text{C}$ в DFD мясе на 13,0% больше, чем в NOR мясе, а для обеспечения одинакового содержания вымороженной воды 30% температура хранения для NOR мяса должна быть на $0,5^{\circ}\text{C}$ ниже, чем для DFD.

of the International Institute of Refrigeration (IIR) for the Processing and Handling of Frozen Foods, were most accurately described by the theoretical dependence proposed by D. Rutov.

2. It was established that at a difference of the cryoscopic temperature of $0,3^{\circ}\text{C}$ between two groups of meat, the ice content at a temperature of -2°C is 13,0% higher in DFD meat compared to NOR meat, and in order to ensure the same content of the frozen-out water (30%), the storage temperature for NOR meat should be $0,5^{\circ}\text{C}$ lower than those for DFD meat.

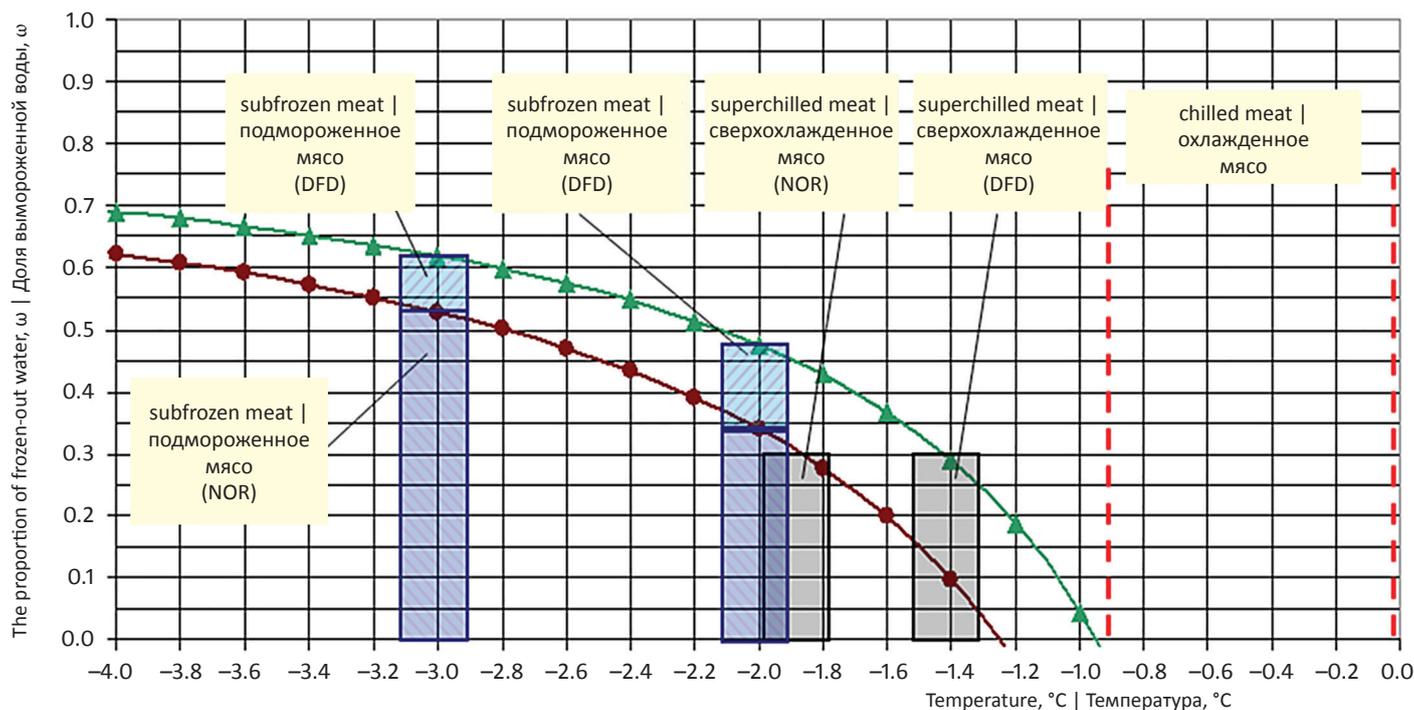


Figure 6. The proportion of frozen-out water in beef dependent on the cooling method, quality groups and cryoscopic temperature: $\blacktriangle t_{cr} = -0,95^{\circ}\text{C}$; $\bullet t_{cr} = -1,25^{\circ}\text{C}$

Рис. 6. Доля вымороженной воды в мясе говядины в зависимости от способа охлаждения, качественных групп и криоскопической температуры: $\blacktriangle t_{кр} = -0,95^{\circ}\text{C}$; $\bullet t_{кр} = -1,25^{\circ}\text{C}$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Головкин Н.А., Маслова Г.В., Скоморовская И.Р. Консервирование продуктов животного происхождения при субкриоскопических температурах. М., Агропромиздат, 1987, с. 272.
2. Fennema, O.R., Powrie, W.D., Marth, E.H. Low temperature preservation of foods and living matter. — Marcel Dekker, Inc., 1973.
3. Tom S. Nordtvedt, E. Indergard, Astrid M. Stevik. Distribution of superchilled meat. Trends in Food Science & Technology, — 2008. — Т.8, р. 418-424.
4. Magnussen O.M., Haugland A., Torstveit Hemmingsen A.K., Johansen S., & Nordtvedt T.S.. Advances in superchilling of food—Process characteristics and product quality. Trends in Food Science & Technology. — 2008.- Т. 19.- №. 8.- С. 418-424.
5. Schubring R, 2009. Possible effects on shelf life through special cooling method “Superchilling” — an “old” variant to prolong shelf life of fresh fish and meat revived. Fleischwirtschaft, 89, 104-113.
6. Stevik, A. M., Duun, A. S., Rustad, T., O’Farrell, M., Schulerud, H., Ottestad, S. (2010). Ice fraction assessment by near-infrared spectroscopy enhancing automated superchilling process lines. Journal of Food Engineering, 100(1), p. 169-177
7. Stonehouse G. G., Evans J. A. The use of supercooling for fresh foods: A review //Journal of Food Engineering. — 2015. — Т. 148. — С. 74-79.
8. Kaale L. D., Eikevik T. M. The influence of superchilling storage methods on the location/distribution of ice crystals during storage of Atlantic salmon (*Salmo salar*) //Food Control. — 2015. — Т. 52. — С. 19-26.

REFERENCES

1. Golovkin N.A., Maslova G.V., Skomorovskaya I.R. Conservation of products of animal origin at subcryoscopic temperatures. M., Agropromizdat, 1987, 272 pages.
2. Fennema, O.R., Powrie, W.D., Marth, E.H. Low temperature preservation of foods and living matter. — Marcel Dekker, Inc., 1973.
3. Tom S. Nordtvedt, E. Indergard, Astrid M. Stevik. Distribution of superchilled meat. Trends in Food Science & Technology, — 2008. — Т.8, р. 418-424.
4. Magnussen O.M., Haugland A., Torstveit Hemmingsen A.K., Johansen S., & Nordtvedt T.S.. Advances in superchilling of food—Process characteristics and product quality. Trends in Food Science & Technology. — 2008.- Т. 19.- №. 8.- С. 418-424.
5. Schubring R, 2009. Possible effects on shelf life through special cooling method “Superchilling” — an “old” variant to prolong shelf life of fresh fish and meat revived. Fleischwirtschaft, 89, 104-113.
6. Stevik, A. M., Duun, A. S., Rustad, T., O’Farrell, M., Schulerud, H., Ottestad, S. (2010). Ice fraction assessment by near-infrared spectroscopy enhancing automated superchilling process lines. Journal of Food Engineering, 100(1), p. 169-177
7. Stonehouse G. G., Evans J. A. The use of supercooling for fresh foods: A review //Journal of Food Engineering. — 2015. — Т. 148. — С. 74-79.
8. Kaale L. D., Eikevik T. M. The influence of superchilling storage methods on the location/distribution of ice crystals during storage of Atlantic salmon (*Salmo salar*) //Food Control. — 2015. — Т. 52. — С. 19-26.

9. Farouk M.M. et. al. The initial Freezing Temperature Rises With in meat pH: The implications //56th international Congress of Meat science and Technology. — 2010. Jeiu, Korea. D042.
10. Farouk M.M., Kemp R.M., Cartwrigh S., & North M. The initial freezing point temperature of beef rises with the rise in pH: A short communication. *Meat science*. — 2013. — Т. 94. — №. 1. — С. 121-124.
11. Дибирасулаев М.А., Белозеров Г.А., Рыжова С.Г., Алигаджиева Л.М., Макаров Б.А. Интегрированная модель тепломассообмена и кинетики роста микроорганизмов для оценки охлаждения копчено-вареных изделий из свинины. «Все о мясе». — 2013- №6- С.38-41.
12. James C., Lejay I., Tortosa N., Aizpurua X., & James S. J. The effect of salt concentration on the freezing point of meat simulants. *International journal of refrigeration*. — 2005. — Т. 28. — №. 6. — С. 933–939.
13. Nagaoka J., Takagi S., Hotani S. Experiments on the Freezing of Fish in an Air-blast Freezer. *Proceedings of the IX International Congress of Refrigeration*, vol. 2., Paris, 1955, p. 4. 321.
14. Riedel L. Kalorimetrische Untersuchungen über das Gefrieren von Fleisch, «Kältetechnik». — 1957. — №. 2. — С. 38–40.
15. Чижов Г.Б. Метод вычисления теплофизических характеристик пищевых продуктов при отрицательных температурах на основе закона Рауля. — «Холодильная техника», 1966, № 10, с. 40 — 42.
16. Рютов Д.Г. Влияние связанной воды на образование льда в пищевых продуктах при их замораживании. «Холодильная техника» — 1976. — №5, с. 32–37.
17. Латышев В.П. Рекомендации по расчетам удельной теплоемкости, энтальпии и доли вымороженной воды мясных и молочных продуктов. — ВНИКТИХолодпром, 1988, часть 1. с. 107.
18. Жадан В.З. Расчет количества вымороженной воды/ В.З. Жадан // Холодильная техника. 1992. — № 6. — с. 12–13.
19. Recommendations for the Processing and Handling of Frozen Foods. 4nd Edition. *International Institute of Refrigeration*, Paris, 2006, p. 218.

9. Farouk M.M. et. al. The initial Freezing Temperature Rises With in meat pH: The implications //56th international Congress of Meat science and Technology. — 2010. Jeiu, Korea. D042.
10. Farouk M.M., Kemp R.M., Cartwrigh S., & North M. The initial freezing point temperature of beef rises with the rise in pH: A short communication. *Meat science*. — 2013. — Т. 94. — №. 1. — С. 121–124.
11. Dibirasulaev M.A., Belozеров G.A., Ryzhova S.G., Aligadzhiyeva L.M., Makarov B.A. The integrated model of heat and mass transfer and growth kinetics of microorganisms for assessment of cooling of smoked cooked products from pork. *All about meat*, 2013, 6, pp. 38–41.
12. James C., Lejay I., Tortosa N., Aizpurua X., & James S. J. The effect of salt concentration on the freezing point of meat simulants. *International journal of refrigeration*. — 2005. — Т. 28. — №. 6. — С. 933–939.
13. Nagaoka J., Takagi S., Hotani S. Experiments on the Freezing of Fish in an Air-blast Freezer. *Proceedings of the IX International Congress of Refrigeration*, vol. 2., Paris, 1955, p. 4. 321.
14. Riedel L. Kalorimetrische Untersuchungen über das Gefrieren von Fleisch, «Kältetechnik». — 1957, 2, pp. 38–40.
15. Chizhov G.B. Method for calculating thermal and physical characteristics of food products at negative temperatures on the basis of Raoult's law. *Kholodilnaya Tekhnika*, 1966, 10, pp. 40–42.
16. Ryutov D.G. Effect of bound water on ice formation in food products at their freezing. *Kholodilnaya Tekhnika*, 1976, 5, pp. 32–37.
17. Latyshev V.P. Recommendations on calculations of specific heat, enthalpy and proportion of frozen-out water in meat and dairy products. *VNIKTI Kholodprom*, 1988, part 1. 107 pages.
18. Zhadan V.Z. Calculation of the quantity of frozen-out water. *Kholodilnaya Tekhnika*, 1992, 6, pp. 12–13.
19. Recommendations for the Processing and Handling of Frozen Foods. 4nd Edition. *International Institute of Refrigeration*, Paris, 2006, p. 218.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Дибирасулаев Магомед Абдулмаликович — доктор технических наук, заведующий лабораторией «Холодильной технологии мясных и молочных продуктов», ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности», 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12
Тел.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Белозеров Георгий Автономович — Доктор технических наук, Директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности», 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12
Тел.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Дибирасулаев Дибирасулав Магомедович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности», 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12
Тел.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Орловский Дмитрий Евгеньевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности», 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12
Тел.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.
Все авторы в равной степени участвовали в этой работе.

Конфликт интересов

Поступила 15.02.2016

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Dibirasulaev Magomed Abdulmalikovich — doctor of technical sciences, Head of the Laboratory «Refrigeration technology meat and dairy products», FGBNU «The All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry»
127422, Moscow, Kostyakova str., 12
Ph.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Belozеров Georgy Avtonomovich — doctor of technical sciences, Director of FGBNU «The All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry»
127422, Moscow, Kostyakova str., 12
Ph.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Dibirasulaev Dibirasulav Magomedovich — candidat of technical sciences, senior research scientist, FGBNU «The All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry»
127422, Moscow, Kostyakova str., 12
Ph.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Orlovsky Dvityr Evgenyevich — candidat of technical sciences, senior research scientist, FGBNU «The All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry»
127422, Moscow, Kostyakova str., 12
Ph.: 8 (499) 976-09-63
E-mail: mail@vnihi.ru

Contribution

All authors have responsibility for the information in manuscript.
All authors involved in this work in equal parts.

Conflict of interest

Received 15.02.2016

REDOX POTENTIAL AND DYNAMICS OF PROTEIN AND FAT DESTRUCTION DURING STORAGE OF CANNED MEAT IN PIECES

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ДИНАМИКА ДЕСТРУКЦИИ БЕЛКА И ЖИРА ПРИ ХРАНЕНИИ МЯСНЫХ КУСКОВЫХ КОНСЕРВОВ

Krylova V.B.

The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute, Moscow, Russia

Ключевые слова: окислительно-восстановительный потенциал, мясные кусковые консервы, деструкция белка и жира, хранение.

Keywords: redox potential, canned meat in pieces, protein and fat destruction, storage.

Аннотация

Исследования, касающиеся динамики окислительно-восстановительного потенциала систем и его взаимосвязи с процессами деструкции белков и жиров консервов при их хранении фрагментарны и не систематизированы, что подчеркивает их актуальность. Цель — получение экспериментальных данных по величинам Eh и физико-химических показателей качества консервов при хранении для установления возможной корреляционной их зависимости. Показано, что динамика Eh, содержания свободных аминокислот и фракций жирных кислот консервов из говядины и свинины при хранении различна. Так снижение величины Eh и содержания свободных аминокислот в консервах из говядины носит плавный характер, в консервах же из свинины имеют место несколько периодов, существенно отличающихся по характеру изменения значений показателей.

Отмечен линейный характер изменения доли фракций жирных кислот при хранении консервов из говядины и свинины. При этом в обоих наименованиях консервов имел место прирост содержания насыщенных жирных кислот при одновременном снижении сумм моно- и полиненасыщенных жирных кислот. Величина прироста доли насыщенных жирных кислот, связанная с процессом восстановления моно- и полиненасыщенных кислот, не зависит от вида мяса в консервах и составила в среднем 6%. Снижение доли моно- и полиненасыщенных жирных кислот в консервах из свинины интенсивнее в среднем в 4 раза, чем в консервах из говядины.

Введение

Настоящая статья является второй статьей из цикла публикаций по изучению окислительно-восстановительного потенциала (Eh) мясных и мясорастительных консервов. В первой публикации [1] приведены банк значений окислительно-восстановительного потенциала мясных и мясорастительных консервов, выработанных из разных видов мяса в охлажденном и размороженном состоянии; результаты изучения влияния способов предварительной обработки мясного и растительного сырья на величину Eh сырья и консервов; показано, что характер изменения величины Eh продукта после производства зависит от степени измельчения мясного сырья и режимов стерилизации консервов. Так для кусковых мясных консервов стерилизация снижала величину Eh продукта — чем жестче режимы стерилизации, тем сильнее снижение величины Eh.

Известно, что мясные кусковые консервы относятся к пищевой продукции, имеющей самый дли-

Abstract

The studies on the dynamics of the redox potential of systems and its relationship with the processes of protein and fat destruction in canned foods during their storage are fragmented and not systematized, which highlight their topicality. The aim of the research was to obtain the experimental data on the Eh values and physico-chemical indicators of canned food quality during storage in order to establish their possible correlation. It was shown that the dynamics of Eh, the content of free amino acids and fatty acid fractions in the canned products from beef and pork was different during storage. For example, a decrease in the Eh value and free amino acid content in the canned products from beef had a smooth character, while in the canned products from pork several periods were observed, which differed in the character of the change in the quality indicators.

A linear character of the changes in the proportion of fatty acid fractions during storage of the canned products from beef and pork was noticed. With that, both canned food items had an increase in the saturated fatty acid content at the concomitant decrease in the sum of mono- and polyunsaturated fatty acids. The value of an increase in the proportion of saturated fatty acids associated with the process of reduction of mono- and polyunsaturated fatty acids did not depend on the kind of meat in the canned foods and was on average 6%. A decrease in the proportion of mono- and polyunsaturated fatty acids in the canned products from pork was about 4 times more intensive compared to the canned products from beef.

Introduction

The present paper is the second in the series of publications on the investigation of the redox potential (Eh) of meat and meat-and-plant canned foods. The first publication [1] presented the bank of values of the redox potential of the meat and meat-and-plant canned foods, produced from different kinds of meat in the chilled and thawed conditions, and the results of the study on the effect of the methods of the preliminary processing of meat and plant raw material on the Eh value in raw material and canned foods. It was shown that the character of the changes in the Eh value of a product after production depended on the degree of meat raw material comminution and the regimes of canned food sterilization. For example, sterilization of canned meat in pieces decreased the Eh value of a product — the stricter sterilization regimes, the greater decrease in the Eh value.

It is known that canned meat in pieces falls in the category of food products with the longest shelf life (up to

тельный срок годности — до 5 лет, в зависимости от вида потребительской упаковки. Это обусловлено герметичностью потребительской упаковки и отсутствием контакта с кислородом воздуха, уничтожением активной микрофлоры и инактивацией ферментных систем мяса при стерилизации продукции. Сложные и взаимосвязанные биохимические и химические процессы деструкции белков, жиров и витаминов, в том числе гидролиз высокомолекулярных соединений, окисление жиров и белковых веществ, деструкция пептидов и аминокислот, образование меланоидинов, низкомолекулярных органических и неорганических соединений и др. веществ при разных режимах тепловой обработки различных групп мясной продукции, в том числе и консервов, достаточно глубоко изучены и систематизированы в работах отечественных и зарубежных ученых. Что же касается динамики выше перечисленных процессов, протекающих при хранении мясных кусковых консервов, то в данной области к настоящему времени набран некоторый экспериментальный материал, что позволяет обсудить этот вопрос несколько более подробно. Так Gunther H. [2] и Hottenroth B. [3] при изучении абиотических процессов, происходящих при хранении мясных консервов, обратили внимание на существование корреляции между органолептическими характеристиками консервов и аминокислотным составом мышечной ткани. Более глубокое изучение состава низкомолекулярных соединений с использованием методов гель-фильтрации и тонкослойной хроматографии показало, что полипептидный пул содержимого консервов находится в динамическом состоянии, т.е. исчезновение одних полипептидных фракций сопровождается появлением других. Это свидетельствует о непрерывном протекании процессов гидролиза белка до полипептидов и полипептидов до свободных аминокислот в мясных консервах при их хранении, что подтверждено работами отечественных ученых [4, 5, 6]. Процессы гидролиза белка несут значительную ответственность за снижение качества консервов, хранящихся продолжительное время. В частности, в результате протеолитических процессов мясо консервов может приобретать горьковатый или сладковатый привкус.

Несмотря на важность раскрытия причин или движущей силы процессов трансформации белковой составляющей мясных кусковых консервов при их хранении информация по данному вопросу на сегодня противоречива. Именно противоречивой можно считать предположение зарубежных и отечественных ученых о ферментативной природе процессов гидролиза высокомолекулярных белков до пептидов и аминокислот [7, 8].

Механизм гидролитического расщепления жиров мяса при тепловой обработке хорошо изучен. Величина кислотного числа, в ряде работ, предлагалась в качестве критерия, коррелирующего с органолептическими показателями при хранении консервов. Однако, ввиду отсутствия у высших жирных кислот выраженного вкуса или запаха, их непосредственное влияние на органолептические характеристики продукта признано маловероятным [5, 6]. Что же касается

5 years) depending on the type of consumer packaging. This is conditioned by the hermiticity of consumer packaging and absence of the contact with air oxygen, destruction of the active microflora and inactivation of the meat enzyme systems upon product sterilization.

The complex and interconnected biochemical and chemical processes of destruction of proteins, fats and vitamins, including hydrolysis of the high molecular weight compounds, oxidation of fat and protein substances, destruction of peptides and amino acids, formation of melanoidins, low molecular weight organic and inorganic compounds and other substances at different regimes of thermal treatment of various meat products including canned foods are studied quite thoroughly and systemized in the works of the national and foreign scientists. As for the dynamics of the above mentioned processes, which occur during storage of canned food products in pieces, some experimental material has been accumulated in this field to date, which allows discussing this issue in more detail. For instance, Gunther H. [2] and Hottenroth B. [3], when studying the abiotic processes occurred during storage of canned meat, paid attention to the correlation between the organoleptic characteristics of canned foods and the amino acid composition of muscle tissue. The more profound study of the composition of the low molecular weight compounds using the methods of gel filtration and thin layer chromatography showed that the polypeptide pool in the contents of canned foods was in the dynamic condition; that is, disappearance of some polypeptide fractions was accompanied with the appearance of others. This suggests the continuous occurrence of the processes of protein hydrolysis to polypeptides and polypeptides to free amino acids in canned meat during storage, which is confirmed by the works of the national scientists [4, 5, 6]. The processes of protein hydrolysis are significantly responsible for deterioration in quality of canned foods stored for a long time. In particular, meat can acquire bitterish or sweatish off-taste as a result of the proteolytic processes.

Despite an importance of elucidation of the reasons and driving forces of the transformation processes in the protein constituent of canned meat in pieces during storage, the information on this issue is contradictory to date. In particular, the hypothesis of the foreign and national scientists about the enzyme nature of the process of hydrolysis of the high molecular weight proteins to peptides and amino acids [7, 8] can be considered contradictory.

The mechanism of the hydrolytic degradation of meat fats at thermal treatment is thoroughly studied. In several works, the acid value was proposed as a criterion correlating with the organoleptic indicators during canned food storage. However, due to the absence of the pronounced taste and odor in higher fatty acids, their direct influence on the organoleptic characteristics of a product is recognized as unlikely [5, 6]. As for the changes in the fatty acid

изменения жирнокислотного состава липидов в процессе хранения мясных консервов, то информации по данному вопросу недостаточно.

На сегодняшний день исследования, касающиеся динамики окислительно-восстановительного потенциала систем и его взаимосвязи с процессами деструкции белков и жиров консервов при их хранении фрагментарны и не систематизированы, что подчеркивает актуальность исследований в данном направлении.

Материалы и методы

В качестве объекта исследований были взяты мясные кусковые консервы «Говядина тушеная высший сорт» и «Свинина тушеная высший сорт», изготовленные по традиционным режимам стерилизации и заложенные на хранение при температуре 37 °С и относительной влажности воздуха не более 75 %. Выбор такой температуры связан с применением ускоренной методики исследования консервов при хранении.

Измерения величин Eh проводили на приборе FE20 швейцарской фирмы METTLER TOLEDO.

В работе использованы следующие методы определения:

- величин перекисного (ПЧ) числа жира — по ГОСТ Р 54346, кислотного (КЧ) числа — по ГОСТ Р 50457;
- значений тиобарбитурового числа (ТБЧ) — по ГОСТ Р 55810;
- жирнокислотный состав липидов — методом газожидкостной хроматографии на приборе Кристалл 5000 (СКБ «Хроматэк», Россия);
- содержание свободных аминокислот — методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием автоматического аминокислотного анализатора PMA GmbH, Aracus.
- содержание amino-аммиачного азота — по ГОСТ Р 55479.

Результаты и их обсуждение

Перед нами стояла задача получения экспериментальных данных по величинам Eh и физико-химических показателей качества консервов при хранении для установления возможной корреляционной их зависимости. На первом этапе работы была изучена динамика величин Eh и pH двух наименований консервов при хранении. Полученные результаты приведены на **рисунке 1**.

Обращает на себя внимание большая разница в значениях Eh консервов из говядины и свинины, что связано с объективными различиями в значениях окислительно-восстановительного потенциала этих видов мяса, вызванными в десятки раз большим содержанием гемового пигмента — миоглобина и его окси- и метаформ в говядине, особенно полученной от старых животных [1, 9]. Анализ динамики Eh консервов из говядины показал устойчивый и плавный характер снижения значений показателя. Это свидетельствует, что со временем хранения окислительно-восстановительные процессы в консервах из говядины смещаются в сторону окислительных.

Что же касается консервов из свинины, то динамика величины Eh имеет два четко выраженных периода.

composition of lipids during canned meat storage, the information on this issue is insufficient.

To date, the investigations regarding the dynamics of the redox potential of the systems and its relationship with the processes of protein and fat destruction in canned foods during storage are fragmented and not systemized, which highlights the topicality of the investigations in this direction.

Materials and methods

The canned meat products in pieces «Stewed beef of the top grade» and «Stewed pork of the top grade» produced by the traditional sterilization regimes and stored at a temperature of 37 °C and relative humidity of air not more than 75 % were used as the subjects of research. The choice of this temperature is associated with the use of the accelerated method of canned food analysis during storage.

The changes in the Eh values were measured using the FE20 instrument from the Swiss company METTLER TOLEDO.

The following methods of measurement were used in the work:

- peroxide values of fat under GOST R 54346, acid values under GOST R 50457;
- thiobarbituric acid (TBA) values under GOST R 55810;
- fatty acid composition of lipids by the method of gas-liquid chromatography on the apparatus Cristal 5000 (SKB Chromatec, Russia);
- free amino acid content by the method of high performance liquid chromatography (HPLC) using the automatic amino acid analyzer PMA GmbH, Aracus;
- amino-ammonia nitrogen content under GOST R 55479.

Results and discussion

We set the task of obtaining the experimental data on the Eh values and physico-chemical indicators of canned food quality during storage to establish their possible correlation. At the first stage of the work, we studied the dynamics of Eh and pH values of two canned food items during storage. The obtained results are given in **Figure 1**.

Attention is drawn to the big difference in the Eh values in canned food products from beef and pork, which is associated with the objective differences in the values of the redox potential of these types of meat caused by the significantly higher content of the heme pigment, myoglobin, and its oxo- and meta- forms in beef, especially, from old animals [1, 9]. The analysis of the Eh dynamics in canned beef showed a stable and smooth character of a decrease in this value. This suggests that the reduction-oxidative processes in canned beef are shifted towards the oxidative ones during storage.

As for canned pork, the dynamics of Eh value has two clearly manifested periods. The first period (up to 6 months

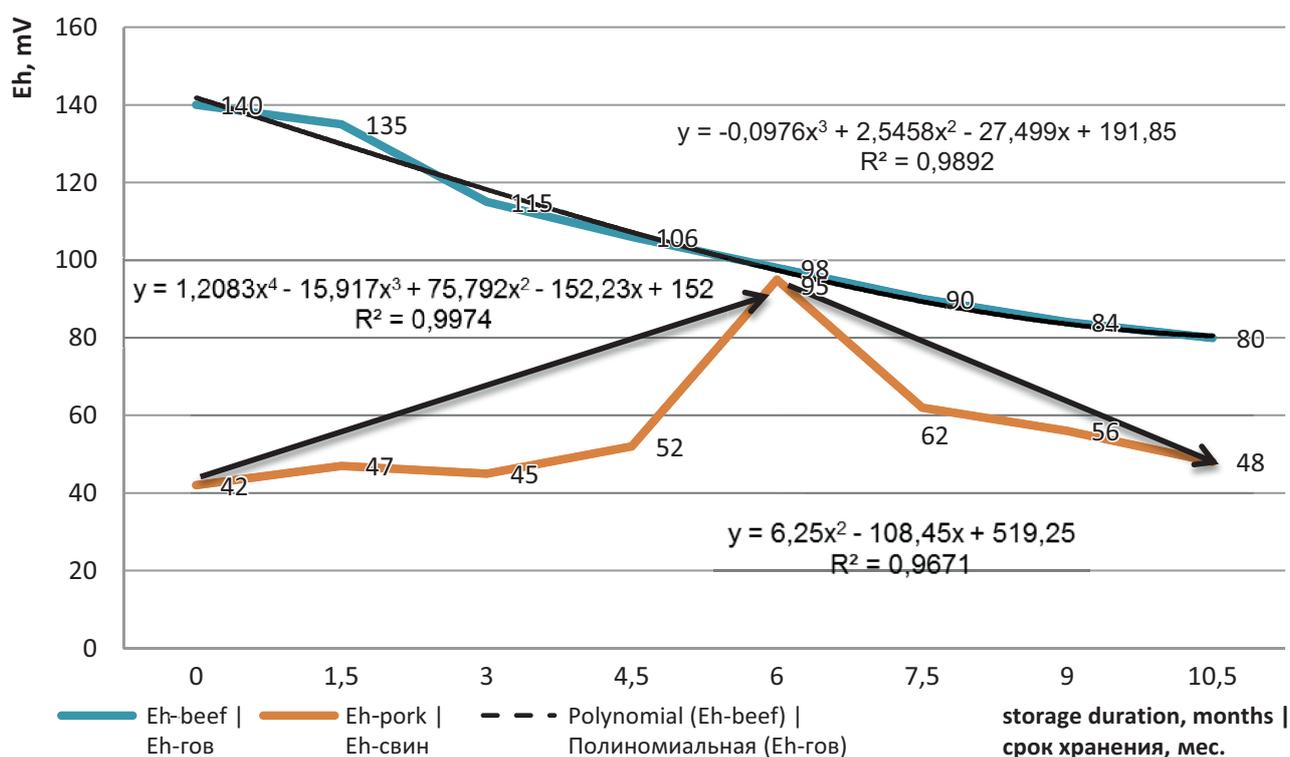


Figure 1. Dynamics of the values of the redox potential in the canned foods during storage

Рис. 1 Динамика величин окислительно-восстановительного потенциала консервов при хранении

Первый — до 6 месяцев хранения, который характеризуется ростом значений показателя и свидетельствует о преобладании восстановительных процессов. Так через 6 месяцев хранения величина Eh выросла в 2,3 по сравнению с соответствующим показателем консервов после производства.

Второй период — до 10,5 месяцев — сопровождается снижением значений Eh, что свидетельствует о сдвиге процессов в сторону окисления. Тем не менее, после 10,5 месяцев хранения величина Eh на 14,3% выше соответствующего значения показателя консервов после производства. Полученные уравнения регрессии (см. рис. 1) адекватно описывают динамику величин Eh консервов из говядины и свинины в процессе хранения.

Отмечен разный характер изменения и величин pH консервов при хранении. Так в консервах из говядины величина pH росла плавно и постепенно, прирост составил не более 0,4 к концу 10,5 месяцев хранения; в консервах из свинины pH снизился на 0,1. Это можно объяснить тем, что величину pH консервов из говядины будут определять слабощелочные или нейтральные продукты деструкции белка, в консервах из свинины — свободные жирные кислоты.

Следующим этапом исследований было изучение динамики суммы свободных аминокислот (ΣСВАК) консервов при хранении. Полученные результаты приведены на рисунке 2.

Анализ динамики содержания ΣСВАК консервов из говядины свидетельствует о том, что до 3 мес. хранения имело место равномерное снижение суммы свободных аминокислот исходного сырья и образовавшихся при стерилизации консервов. Далее процесс разрушения аминокислот до низкомолекулярных

of storage) is characterized by the growth in the values of the indicator and suggests a prevalence of the reduction processes. For example, after 6 months of storage, the Eh value grew 2.3 times compared to the corresponding indicator of canned foods after production.

The second period (up to 10.5 months) is accompanied by a decrease in the Eh values, which suggests the shift of the processes towards oxidation. Nevertheless, after 10.5 months of storage, the Eh value was 14.3% higher than the corresponding value of the indicator in canned foods after production. The obtained regression equations (see Figure 1) adequately describe the dynamics of the Eh values of canned beef and pork during storage.

Different characters of the changes in the pH values of the canned foods during storage were also noticed. For instance, in canned beef, pH value grew smoothly and gradually; an increment was not more than 0.4 by the end of the 10.5 months of storage. In canned pork, pH decreased by 0.1. This can be explained by the fact that pH of canned beef is determined by the weakly alkaline or neutral products of protein destruction, pH of canned pork by free fatty acids.

At the next stage of the investigation, the dynamics of the sum of the free amino acids (ΣFAA) in the canned foods was studied. The obtained results are given in Figure 2.

The analysis of the dynamics of ΣFAA in the canned products from beef suggests that a uniform decrease in the sum of free amino acids of the initial raw materials and those formed at sterilization of canned foods occurred up to 3 months of storage. Then, the process of amino acid

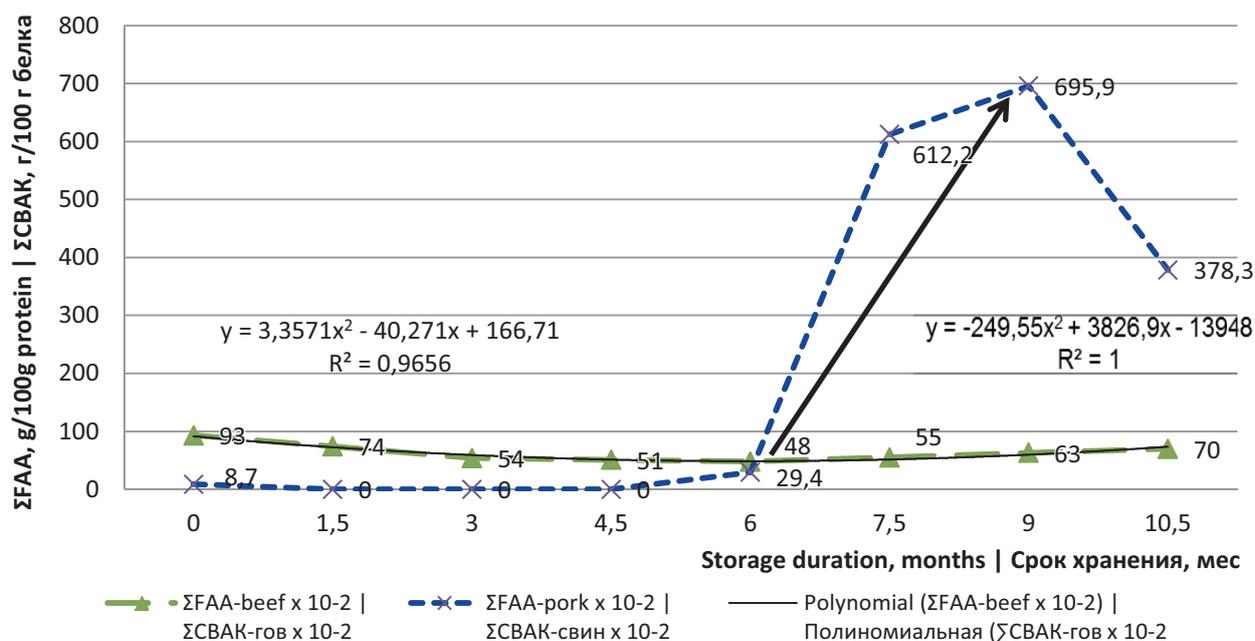


Figure 2. Dynamics of the sum of free amino acids in the canned foods during storage
 Рис. 2. Динамика сумм свободных аминокислот консервов при хранении

соединений либо затормаживается, либо имеют место параллельно протекающие процессы: первый — деструкция аминокислот, второй — накопление свободных аминокислот за счет деструкции пептидов и белков. Такая картина наблюдается до 7 месяцев хранения. Начиная с 7,5 месяцев хранения, имеет место незначительный рост ΣСВАК, что свидетельствует об углублении деструктивных процессов в белках и пептидах консервов.

Характер изменения содержания свободных аминокислот в консервах из свинины более сложный и позволяет выделить три принципиально разных периода. В первом периоде — до 4,5 месяцев хранения динамика ΣСВАК отсутствовала, к 6 месяцам имел место некоторый рост величины показателя. Начиная с 6 месяцев и до 9 месяцев хранения включительно, наблюдался интенсивный рост содержания свободных аминокислот, что свидетельствует о высокой интенсивности процессов деструкции белков и пептидов, сопровождающихся высвобождением аминокислот.

Динамика содержания amino-аммиачного азота (ААА) в консервах, представленная на рисунке 3, согласуется с особенностями хода процессов деструкции белка до низкомолекулярных соединений.

Свидетельством протекания процессов трансформации жира служит динамика изменения содержания насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот при хранении консервов. Полученные результаты представлены на рисунках 4 и 5.

Анализ данных свидетельствует о линейном характере изменения содержания фракций жирных кислот при хранении консервов из говядины и свинины. При этом в обоих наименованиях консервов отмечен прирост доли насыщенных жирных кислот при одновременном снижении сумм моно- и полиненасыщенных жирных кислот. Интересно, что величина прироста содержания насыщенных жирных кислот, связанная

деструкцией до низкомолекулярных веществ была замедлена или другие процессы происходили параллельно: первый — деструкция аминокислот; второй — накопление свободных аминокислот за счет деструкции пептидов и белков. Такая картина была замечена до 7 месяцев хранения. После 7,5 месяцев хранения ΣFAA немного увеличилась, что свидетельствует об углублении деструктивных процессов в белках и пептидах консервов.

Характер изменений в содержании аминокислот в консервах из свинины более сложный и позволяет выделить три принципиально разных периода. В первом периоде (до 4,5 месяцев хранения) динамика ΣFAA отсутствовала; к 6-му месяцу наблюдался небольшой рост значения индикатора. Начиная с 6-го месяца и до 9-го месяца хранения включительно, наблюдался интенсивный рост содержания аминокислот, что свидетельствует о высокой интенсивности процессов деструкции белков и пептидов, сопровождающихся высвобождением аминокислот.

Динамика содержания amino-аммиачного азота (ААА) в консервах, представленная на рисунке 3, согласуется с особенностями процесса деструкции белка до низкомолекулярных соединений.

Динамика изменений в содержании насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот при хранении консервов является показательной для процессов трансформации жира. Полученные результаты представлены на рисунках 4 и 5.

Анализ данных свидетельствует о линейном характере изменений в содержании фракций жирных кислот при хранении консервов из говядины и свинины. При этом в обоих наименованиях консервов отмечен прирост доли насыщенных жирных кислот и сопутствующее снижение сумм моно- и полиненасыщенных жирных кислот в обоих консервах. Интересно отметить, что величина прироста содержания насыщенных жирных кислот, связанная

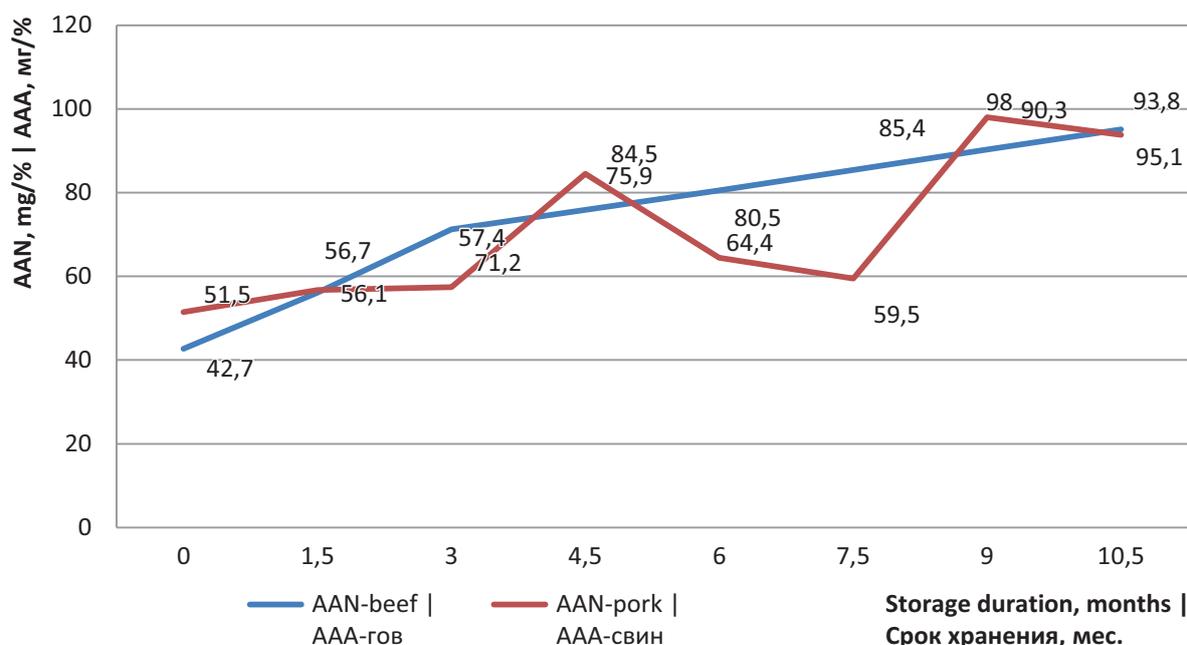


Figure 3. Dynamics of the total amount of amino-ammonia nitrogen (AAN) in the canned foods

Рис. 3. Динамика суммарного количества аминок-аммиачного азота консервов

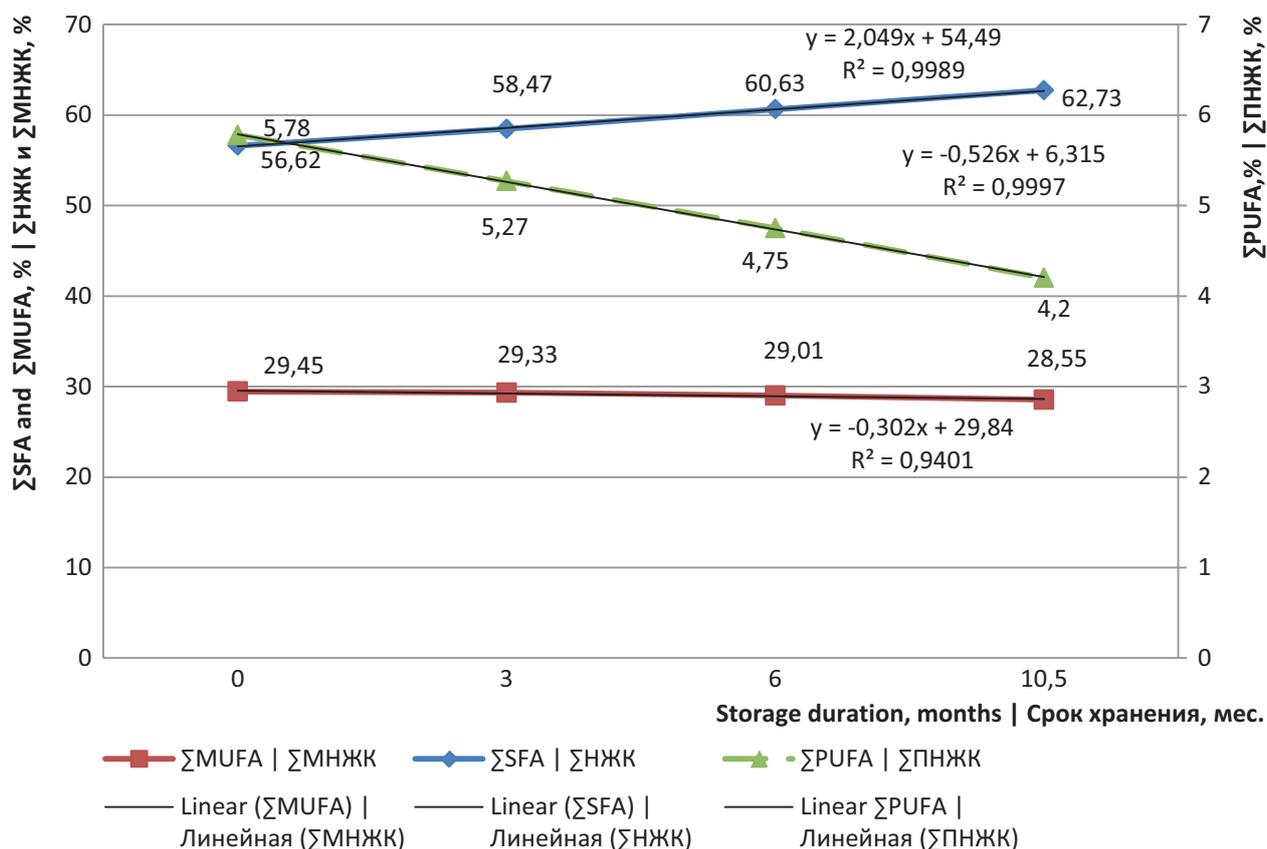


Figure 4. Dynamics of the fractions of fatty acids in canned beef during storage

Рис. 4. Динамика фракций жирных кислот консервов из говядины при хранении

с процессом восстановления моно- и полиненасыщенных кислот, одинакова для консервов из говядины и свинины и составила в среднем 6%. Снижение доли моно- и полиненасыщенных жирных кислот в консервах из свинины интенсивнее, чем в консервах из говядины и, в среднем, составляет 4,5–5,6% соответственно. Для консервов из говядины убыль моно- и полиненасыщенных жирных кислот составила 1,1–1,6%.

the process of reduction of mono- and polyunsaturated fatty acids was the same for canned beef and canned pork and was equal to 6% on average. A decrease in the proportion of mono- and polyunsaturated fatty acids in canned pork was more intensive than in canned beef and was on average 4.5–5.6%, respectively. For canned beef, a decrease in mono- and polyunsaturated fatty acids was 1.1–1.6%.

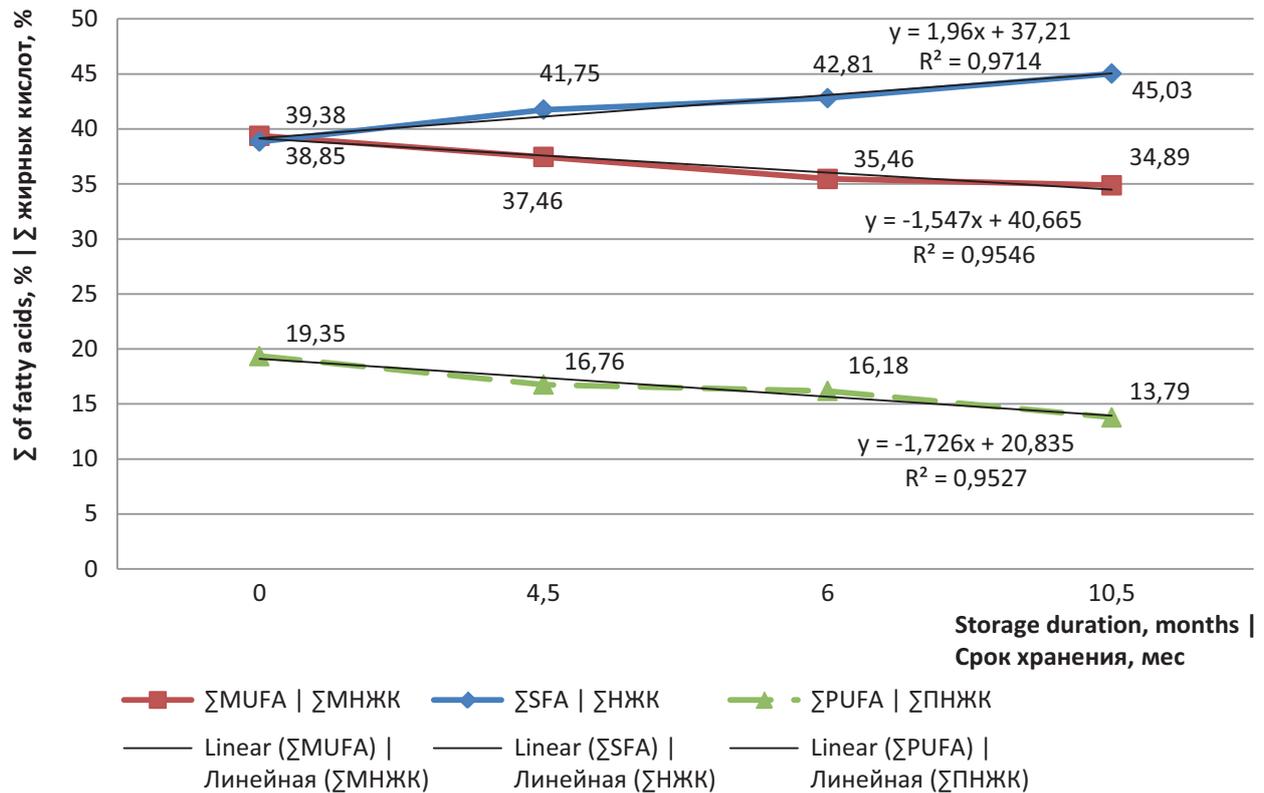


Figure 5. Dynamics of the fractions of fatty acids in canned pork during storage
 Рис. 5. Динамика фракций жирных кислот консервов из свинины при хранении

Выводы

1. Накоплена база новых знаний по динамике величин Eh мясных кусковых консервов «Говядина тушеная высший сорт» и «Свинина тушеная высший сорт», заложенных на хранение при температуре 37°C.
2. Получены аналитические зависимости, адекватно описывающие динамику величин Eh, pH, содержания свободных аминокислот и амино-аммиачного азота в белках, насыщенных, моно- и полиненасыщенных жирных кислот в жирах консервов из говядины и свинины в процессе хранения. Полученные экспериментальные материалы на сегодняшний день являются новыми.
3. По характеру изменения значений Eh мясных кусковых консервов из говядины и свинины можно судить и о характере протекания процессов окисления или восстановления основных составляющих продукта.

Conclusions

1. A database of new knowledge on the dynamics of the Eh values in the canned meat products in pieces «Stewed beef of the top grade» and «Stewed pork of the top grade» stored at a temperature of 37°C was accumulated.
2. The analytical dependences were obtained, which adequately describe the dynamics of the Eh and pH values, the content of free amino acids and amino-ammonia nitrogen in proteins, saturated, mono- and polyunsaturated fatty acids in fats of canned beef and canned pork during storage. To date, the obtained experimental material is new.
3. The character of occurrence of the oxidation and reduction processes in the product main constituents can be judged from the character of the changes in the Eh values in canned beef and pork in pieces.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крылова В.Б. Окислительно-восстановительный потенциал как барьерный фактор в технологии мясных и мясорастительных консервов (часть 1). Все о мясе. 2015; 5: 28–31.
2. Gunther H.O. Probleme bei der herstellung von rindfleisch konserven / H.O. Gunther // Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung. 1975; 158(9): 18–21.
3. Hottenroth B. Erfahrungen bei Langzeit – Lagerversuchen mit Leben smitteln / B. Hottenroth // Deutsche Lebensmittel-Rundschan. 1966; 2: 44–47.
4. Орешкин, Е.Ф., Кроха Ю.А., Устинова А.В. Консервированные мясопродукты. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 216 с.
5. Орешкин В.Ф. Снижение качества мясных консервов при хранении: Обзорная информация– М.: АгроНИИТЭИММП, 1992. – 24 с.
6. Лисицын А.Б., Сметанина Л.Б., Костенко Ю.Г., Гутник Б.Е., Чернуха И.М., Захаров А.Н. Современные аспекты теплового консервирования мясопродуктов/Под общей редакцией Лисицына А.Б. – М.: ВНИИМП, 2007. – 576 с.
7. Board P.W. Problems of stability of canned foods-enzyme aspects. International konservenkongre, 1961: 39.
8. Kas J., Rauch P., Denmerova K., Sebesta J. Proteolytische Activitaten in Fleischkonserven. Journal Lebensmittel Unters. Forschung, 1982; 169: 271.
9. Патракова И.С., Гуринович Г.В. Окислительно – восстановительный потенциал мясной системы. Сборник научных работ «Техника и технология пищевых производств». 2007: 116–118.

REFERENCES

1. Krylova V.B. Redox potential as a hurdle factor in the technology of meat and meat-and-plant canned foods (Part 1). All about meat. 2015; 5:28–31.
2. Gunther H.O. Probleme bei der herstellung von rindfleisch konserven / H.O. Gunther // Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung. 1975; 158(9): 18–21.
3. Hottenroth B. Erfahrungen bei Langzeit – Lagerversuchen mit Leben smitteln / B.Hottenroth // Deutsche Lebensmittel-Rundschan. 1966; 2:44–47.
4. Oreshkin, E.F., Krokha Yu. A., Ustinova A.V. Canned meat products. – М.: Light and Food Industry, 1983.– 216 pages.
5. Oreshkin E.F. Deterioration in quality of canned meat during storage: Review information – М.: АгроНИИТЕИММП, 1992. – 24 pages.
6. Lisitsyn A.B., Smetanina L.B., Kostenko Yu. G., Gutnik B.E., Chernukha I.M., Zakharov A.N. Modern aspects of thermal conservation of meat products /Under the general editorship of Lisitsyn A.B. – М.: VNIIMP, 2007. – 576 pages.
7. Board P.W. Problems of stability of canned foods-enzyme aspects. International konservenkongre, 1961: 39.
8. Kas J., Rauch P., Denmerova K., Sebesta J. Proteolytische Activitaten in Fleischkonserven. Journal Lebensmittel Unters. Forschung, 1982; 169: 271.
9. Patrakova I.S., Gurinovich G.V. Redox potential of a meat system. Collection of Scientific Works «Technique and technology of food productions». 2007: 116–118.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Крылова Валентина Борисовна — доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М.Горбатова, 109316, Москва, Талалихина, 26
Тел.: 8 495 676–74–01
E-mail:krylova-vniimp@yandex.ru

Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несет все автор и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 06.06.2016

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Krylova Valentina Borisovna — doctor of technical sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, , leading research scientist, The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Ph.: 8 495 676–74–01
E-mail: krylova-vniimp@yandex.ru

Contribution

Author have responsibility for the information in manuscript and are equally responsible for plagiarism.

Conflict of interest

The author declare no conflict of interest.

Received 06.06.2016

IDENTIFICATION OF THE MICROBIOLOGICAL RISKS OF CONTAMINATION OF CATTLE AND PIG CARCASSES WITH PATHOGENS AT SLAUGHTER AND PROCESSING

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ КОНТАМИНАЦИИ ТУШ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА И СВИНЕЙ ПАТОГЕННЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ ПРИ УБОЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ

Bataeva D.S., Yushina Yu.K., Zaiko E.V.

The V.M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute, Moscow, Russia

Ключевые слова: микробиологические риски, убой и переработка крупного рогатого скота и свиней, контаминация поверхности туш, микроорганизмы рода *Salmonella*, *Listeria*, *Listeria monocytogenes*, санитарные стандартные операционные процедуры.

Keywords: microbiological risks, slaughter and processing of cattle and pigs, contamination of carcass surfaces, microorganisms of the genera *Salmonella* and *Listeria*, *Listeria monocytogenes*, sanitation standard operating procedures.

Аннотация

В данной статье определяются риски контаминации патогенными микроорганизмами туш крупного рогатого скота и свиней на различных этапах их уоя и переработки. Для установления критических точек проведены исследования мяса (в тушах, полутушах и отрубях) и мясных полуфабрикатов из говядины и свинины на наличие микроорганизмов рода *Salmonella*, *Listeria* и бактерий вида *Listeria monocytogenes* в образцах, отобранных деструктивными (из глубины) и недеструктивными (с поверхности) методами. Установлено, что глубокие слои мясных отрубей из говядины и свинины не обсеменены микроорганизмами рода *Salmonella* и бактериями вида *Listeria monocytogenes*. Однако выявлена контаминация поверхности туш и полутуш крупного рогатого скота и свиней бактериями рода *Salmonella* и *Listeria monocytogenes* на этапах съёмки шкур и извлечения из туш внутренних органов. Сухой и мокрый туалет туш и полутуш не способствует снижению их обсеменённости. Данный факт является причиной контаминации мясных полуфабрикатов (мелкокусковых и фаршевых), что было установлено при исследовании.

Abstract

In this work, the risk of contamination of cattle and pig carcasses with pathogens at different stages of their slaughter and processing was assessed. The analysis of meat (carcasses, half carcasses and cuts) and meat semi-prepared products from beef and pork for the presence of the microorganisms of the genera *Salmonella* and *Listeria*, and *Listeria monocytogenes* in the samples taken by the destructive (from the depth) and nondestructive (from the surface) methods was carried out to determine the critical points. It was found that the deep layers of beef and pork cuts were not contaminated with the microorganisms of the genus *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*. However, surface contamination of cattle and pig carcasses and half-carcasses with *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* was revealed at the stages of hide removal and evisceration of the carcasses. Dry and wet cleaning of carcasses and half-carcasses did not facilitate the reduction of contamination. This fact is the cause of contamination of meat semi-prepared products (small-sized and minced), which was established during the study.

Введение

Сегодня в России, в условиях экономических санкций и импортозамещения, происходит стимулирование роста производства основных видов сельскохозяйственной продукции и пищевых продуктов. В связи с этим, одной из главных задач является обеспечение качества и безопасности выпускаемого продовольствия, оценка его стабильности, в том числе и в микробиологическом плане, на всех этапах производства.

Многие возбудители пищевые инфекций, широко распространенные в природе — в почве, воде, животных и растениях, попадают на перерабатывающие предприятия вместе с сырьем. Некоторые из них способны выживать в течение длительного времени. Например, *Listeria spp.* выживают от 24 ч до нескольких месяцев, микроорганизмы рода *Salmonella* от 6 ч до 4,0 лет [1, 2].

Неудовлетворительные условия получения, первичной обработки и хранения сырья становятся основной причиной интенсивного накопления ши-

Introduction

Nowadays, in Russia, in the conditions of the economic sanctions and import substitution, the stimulation of the growth in production of the main types of agricultural and food products can be seen. In this connection, one of the main tasks is assurance of quality and safety of manufactured food products, and assessment of their stability, in particular, from the microbiological point of view, at all stages of production.

Many causative agents of food infections, which are ubiquitous in the environment (in soil, water, animals and plants), enter processing plants with raw material. Some of them are capable of surviving during the long period of time. For example, *Listeria spp.* survive from 24 hours to several months, the microorganisms of the genus *Salmonella* from 6 hours to 4.0 years [1, 2].

Unsatisfactory conditions of production, primary processing and storage of raw material are becoming the main reason for intensive accumulation of a wide range of conditionally pathogenic and pathogenic microflora,

рокого спектра условно-патогенной и патогенной микрофлоры, на фоне которого возможно присутствие наиболее опасных возбудителей пищевых инфекций, в том числе сальмонелл, *L.monocytogenes* и др.

В мясе максимальная микробиологическая нагрузка обычно приходится на его поверхность, а в глубоких слоях она невелика или вообще отсутствует. Однако, при производстве мелкокусковых полуфабрикатов, поверхностная микрофлора мяса может распределяться по всему объему продукта.

В свою очередь, отклонение от традиционной технологии и внедрение новых, порой недостаточно изученных способов обработки сырья, упаковки и хранения продуктов и полуфабрикатов являются не менее важными факторами риска размножения различных патогенов [3].

Контаминация поверхности туш микроорганизмами происходит при убое и переработке животных. Например, в момент отрыва шкуры от туши воздух убойно-разделочного цеха наполняется пылью и грязью, а, соответственно, и микроорганизмами, которые впоследствии осаждаются на поверхности туш [4].

Известно, что на 1 см² волосяного покрова крупного рогатого скота содержится до $7,0 \cdot 10^8$ микроорганизмов, свиней — до $6,0 \cdot 10^8$ КОЕ. С поверхности кожного покрова свиней были выделены сальмонеллы в 26 % случаев, *E.coli* — 60 %, споровые гнилостные бактерии — 100 % случаев. Наибольшая степень микробного обсеменения кожного покрова животных отмечается осенью и весной [5].

Обсеменение внутренней поверхности туш может происходить в процессе извлечения внутренних органов при нарушении целостности желудочно-кишечного тракта и при неправильной выемке прямой кишки (проходника).

Перенос микроорганизмов с загрязненных участков поверхности туш (ахилловы сухожилия, брюшная стенка, грудина) на те, где их до этой технологической операции не выявляли (боковая, грудная стенка) наблюдается при зачистке туш, особенно с применением воды.

С поверхности в глубокие слои мяса бактерии проникают с разной скоростью, которая зависит от влажности, температуры, наличия и целостности корочки подсыхания на туше и др. Например, микроорганизмы рода *Salmonella* могут проникать на глубину 14 см за 24 ч при комнатной температуре, но при температуре 2–4 °С интенсивность проникновения резко снижается и составляет не более 1 см в течение месяца [6].

Дальнейшая переработка контаминированного патогенами мясного сырья в зависимости от условий его переработки чревато попаданием возбудителя в готовые продукты, обуславливая высокую степень риска для потребителя.

Целью нашей работы являлась идентификация микробиологических рисков контаминации туш крупного рогатого скота и свиней патогенными микроорганизмами на этапах уояа и переработки крупного рогатого скота и свиней.

on which background the presence of the most hazardous causative agents of food infections, including *Salmonella*, *L.monocytogenes* and others, is possible.

In meat, the maximum microbiological load usually falls on its surface, while in the deep layers it is low or absent. However, upon production of small-sized semi-prepared products, surface microflora of meat can be distributed throughout a product volume.

In turn, a deviation from the traditional technology and introduction of new, sometimes insufficiently studied methods of raw material processing, packaging and storage of products and semi-prepared products is an equally important risk factor of proliferation of different pathogens [3].

Contamination of carcass surfaces with microorganisms happens during animal slaughter and processing. For example, at the moment of hide separation from a carcass, the air in the slaughter and dressing shop is filling with dust and dirt, and consequently, with microorganisms, which then settle on carcass surfaces [4].

It is known that 1 cm² of cattle hair contains up to $7,0 \cdot 10^8$ microorganisms, pig hair up to $6,0 \cdot 10^8$ CFU. On the skin of pigs, *Salmonella* was detected in 26%, *E.coli* in 60 % and sporeforming spoilage bacteria in 100% of cases. The highest degree of microbial contamination of animal skin was observed in autumn and summer [5].

Contamination of the internal carcass surface can occur during the process of evisceration upon damage of the integrity of the gastrointestinal tract and improper removal of back gut.

Carryover of microorganisms from the contaminated areas of carcass surfaces (Achilles tendon, abdomen wall, sternum) to the surfaces, where contamination was not revealed until this technological operation (side, chest wall), is observed during carcass cleaning especially when using water.

Bacteria penetrate from a surface to the deep layers of meat with different speed, which depends on moisture, temperature, presence and integrity of a dry crust on a carcass and so on. For example, microorganisms of the genus *Salmonella* can penetrate to the depth of 14 cm for 24 hours at room temperature, but at a temperature of 2–4 °С the intensity of penetration sharply decreases and is not more than 1 cm a month [6].

Further processing of meat raw material contaminated with pathogens depending on the conditions of its processing is fraught with contamination of finished products leading to the high degree of risks for consumers.

The aim of our work was to identify the microbiological risks of cattle and pig carcass contamination with pathogens at the stages of cattle and pig slaughter and processing.

To achieve the stated goal, the following tasks were set:

1. Monitoring of surfaces of cattle and pig carcasses at different stages of animal slaughter and processing, as well as meat and semi-prepared products from beef and pork for the presence of the microorganisms of the genera *Salmonella* and *Listeria*, and *L.monocytogenes*.
2. Analysis and identification of the risks of contamination of cattle and pig carcasses with the micro-

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Проведение мониторинга поверхности туш крупного рогатого скота и свиней на различных этапах убоя и переработки животных, а также мяса и мясных полуфабрикатов из говядины и свинины на наличие микроорганизмов рода *Salmonella*, *Listeria* и бактерий вида *L.monocytogenes*.
2. Анализ и идентификация рисков контаминации туш крупного рогатого скота и свиней микроорганизмами рода *Salmonella*, *Listeria* и бактериями вида *L.monocytogenes*.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись говядина, полученная от 5 групп животных и свинина, полученная от 1 группы в тушах, полутушах и отрубях; полуфабрикаты мясные: мелкокусковые и рубленые. В каждой группе исследованы туши от 5 животных.

Отбор, подготовку проб и микробиологические исследования проводили в соответствии с ГОСТ ISO 7218–2011 [7]; ГОСТ 31904–2012 [8]. Отбор проб (смывов) с туш, полутуш крупного рогатого скота (далее КРС) и свиней проводили согласно ГОСТ Р ИСО 17604 [9]. Для обеспечения представительности проб, наиболее полно и достоверно характеризующих микробное загрязнение туш, смывы были отобраны с большего числа туш, а не с большего количества зон одной туши.

Пробы отбирали на следующих точках убоя и переработки животных:

- после полировочной машины (убой свиней);
- после съемки шкуры (убой крупного рогатого скота);
- после извлечения внутренних органов;
- финальной точке, но не позднее 12 ч после убоя.

Отбор проб проводили не деструктивным методом с помощью губки.

На тушах и полутушах определяли зону отбора проб. Затем открывали пакет, содержащий стерильную губку, и добавляли определенный объем пептонно-солевого раствора, необходимого для ее смачивания. Губку с внешней стороны пакета разминали до полного ее смачивания. Надевали стерильные перчатки и осторожно извлекали губку из пакета. Помещали рамку-трафарет на выбранную зону, протирали губкой ограниченную рамкой площадь (10×10 см) приблизительно 10 раз в вертикальном и 10 раз в горизонтальном направлениях.

После указанной процедуры губку помещали обратно в пакет и добавляли оставшийся водно-солевой раствор.

Отбор проб от мясных отрубей проводили из глубоких слоев после обжиге его поверхности согласно ГОСТ Р ИСО 6887–2 [10] и ГОСТ Р 54354 [11], а от мелкокусковых полуфабрикатов и фаршей отбор проводился без обжиге.

Микробиологические исследования проб и смывов на наличие микроорганизмов рода *Salmonella* и вида *L.monocytogenes* проводили согласно ГОСТ Р 54354, ГОСТ 32031 [12], ГОСТ 31659 [13].

organisms of the genera *Salmonella* and *Listeria*, and *L.monocytogenes*.

Materials and methods

The subjects of research were beef from five groups of animals and pork from one group in carcasses, half-carcasses and cuts; meat semi-prepared products (small-sized and minced). In each group, carcasses of five animals were investigated.

Sampling, sample preparation and microbiological investigations were carried out according to GOST ISO 7218–2011 [7] and GOST 31904–2012 [8]. Sampling (taking swabs) from carcasses, half-carcasses from cattle and pigs was carried out according to GOST R ISO 17604 [9]. To ensure sampling representativeness for more complete and reliable characterization of microbial contamination of carcasses, swabs were taken from more carcasses and not from more sampling areas on one carcass.

Samples were taken at the following points of animal slaughter and processing:

- after polishing machine (slaughter of pigs);
- after hide removal (cattle slaughter)
- after evisceration;
- final point, but not later than 12 hours after slaughter.

Sampling was carried out by the nondestructive method using a sponge.

An area of sampling was specified on carcasses and half-carcasses. Then, a bag containing a sterile sponge was opened, a specified volume of the peptone saline solution necessary for its moistening was added. The sponge was massaged from the external bag surface until its full moistening. Sterile gloves were put on and the sponge was carefully taken from a bag. The sampling template was placed on the chosen area. The sponge was wiped over the sampling area (10 cm×10 cm) restricted with the sampling template approximately 10 times in the vertical and 10 times in the horizontal directions.

After the above mentioned procedure, the sponge was put back into a bag and the remaining saline solution was added.

Sampling from meat cuts was carried out from the deep layers after flaming it surfaces according to GOST R ISO 6887–2 [10] and GOST R 54354 [11]; sampling from small-sized semi-prepared products and minced meat was carried out without flaming.

Microbiological investigations of the samples and swabs for the presence of the microorganisms of the genus *Salmonella* and *L.monocytogenes* was carried out according to GOST R 54354, GOST 32031 [12] and GOST 31659 [13].

Results and discussion

When assessing the cuts and semi-prepared products from beef and pork for the presence of the microorganisms of the genus *Salmonella* and *L.monocytogenes*, the results presented in **Figure 1** were obtained.

It can be seen from Fig. 1 that the pathogens were not revealed in the meat cuts. However, small-sized semi-prepared products and minced meat from beef and pork were contaminated with the pathogenic microorganisms: *Salmonella* (13 and 11%) and *L.monocytogenes* (33 and 27%).

Результаты и их обсуждение

При оценке отрубов и полуфабрикатов из говядины и свинины на наличие микроорганизмов рода *Salmonella* и бактерий *L.monocytogenes* были получены результаты, представленные на **рисунке 1**.

Из рисунка 1 видно, что в мясных отрубках патогенные микроорганизмы не выявлены. Однако мелкокусковые полуфабрикаты и фарши из говядины и свинины контаминированы патогенными микроорганизмами: сальмонеллами 13 и 11%, а *L.monocytogenes* 33 и 27% соответственно.

Причина в получении таких результатов заключается в том, что используются разные подходы к подготовке проб мясных отрубов и мелкокусковых, а также рубленых полуфабрикатов для микробиологических исследований.

Согласно действующей нормативной документации, отбор проб от мясных отрубов, а также от мяса в тушах, полутушах, четвертинах, крупнокусковых полуфабрикатов проводится из глубоких слоев, т.е. после стерилизации поверхности путем ее обжига и удаления этого участка. Нормативы на микробиологические показатели, указанные в Единых требованиях (ЕТ), в Технических Регламентах Таможенного Союза (ТР ТС), приведены для оценки глубоких слоев.

Таким образом, при анализе отрубов, а также мяса в тушах, полутушах, четвертинах, крупнокусковых полуфабрикатов производится оценка только глубоких слоев, а контаминация поверхности патогенными микроорганизмами не учитывается.

Однако при исследовании мелкокусковых и рубленых полуфабрикатов определен другой способ пробоподготовки — без обжига поверхности. Соответственно и нормативные значения микробиологических показателей оценивают поверхностные и глубокие слои суммарно.

Наиболее критичными с точки зрения контаминации туш КРС являются съёмка шкур, извлечение внутренних органов, сухая и мокрая зачистка полутуш, а при убое свиней — съёмка шкур, а если первичная переработка осуществляется без съёмки шкуры, то шпарка, извлечение внутренних органов, сухая и мокрая зачистка полутуш. Исходя из вышесказанного, нами был проведен мониторинг на наличие микроорганизмов рода *Salmonella*, *Listeria*, а также бактерий *L.monocytogenes* туш крупного рогатого скота (далее КРС) и свиней на различных этапах их убоя и переработки.

Результаты исследований представлены на **рисунках 2–5**.

Исследованиями установлено (**рисунок 2**), что уровень контаминации патогенными микроорганизмами поверхности туш КРС после съёмки шкуры у всех групп животных существенно отличается. Различия наблюдаются не только в уровне контаминации, но и в выявляемых микроорганизмах. Так на поверхности туш КРС в четырех группах из пяти были выявлены *Listeria spp.*, что составляет 80% от всего количества исследованных туш. Таким образом, можно предположить, что кожный покров КРС является одним из основных источников контаминации туш микроорганизмами рода *Listeria*. При этом уровень контамина-

The reason of obtaining such results resides in the fact that different approaches are used for preparation of samples from meat cuts and small-sized as well as minced semi-prepared products for the microbiological analysis.

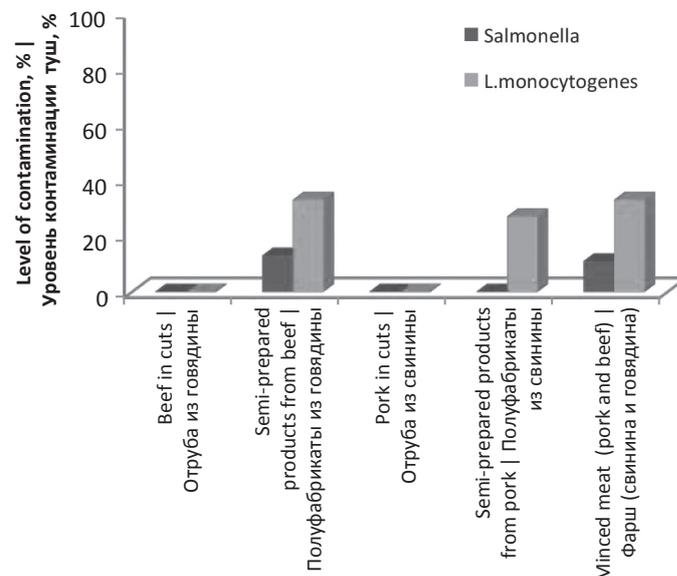


Figure 1. Results of the investigation of meat cuts, small-sized semi-prepared products and minced meat for the presence of the pathogenic microorganisms

Рис. 1. Результаты исследования мясных отрубов, мелкокусковых полуфабрикатов и фаршей на наличие патогенных микроорганизмов

According to the current normative documentation, sampling from meat cuts and from meat in carcasses, half-carcasses, quarters and large-sized semi-prepared products has been carried out from the deep layers; that is, after sterilization of a surface by its flaming and removing of this area. The norms for the microbiological indicators stated in the Unified Requirements, in the Technical Regulations of the Customs Union (TR CU) are given for assessment of the deep levels.

Therefore, when analyzing cuts as well as meat in carcasses, half-carcasses, quarters, large-sized semi-prepared products, an assessment of only deep layers is performed, while contamination of a surface with the pathogenic microorganisms is not taken into account.

However, when analyzing small-sized and minced semi-prepared products another method of sample preparation is established — without surface flaming. Respectively, the normative values of the microbiological indicators assess both surface and deep layers in total.

The most critical in terms of contamination of cattle carcasses are hide removal, evisceration, dry and wet cleaning of half-carcasses. When slaughtering pigs, the most critical is hide removal; and when primary processing is performed without hide removal, the most critical are scalding, evisceration, dry and wet cleaning of half-carcasses. Based on the above said, we monitored the cattle and pig carcasses for the presence of the microorganisms of the genera *Salmonella* and *Listeria*, and *L.monocytogenes* at different stages of their slaughter and processing.

The results of the investigation are presented in **Figure 2–5**.

It was established in the course of the study (**Figure 2**) that the level of contamination of the cattle carcass

ции поверхности туш листериями в четырех группах животных (группах 1, 2, 4, 5) составил от 20 до 80%. В тоже время, *L.monocytogenes* были обнаружены только на поверхности туш одной из пяти исследованных групп, что составило 20% от всего количества исследованных туш. Уровень контаминации туш 1 группы животных составил 20%.

Обсеменённость поверхности туш КРС микроорганизмами рода *Salmonella* на этапе съёмки шкуры была установлена у двух из пяти исследованных групп, что составляет 40% от всего количества исследованных туш. Уровень контаминации 1 и 3 группы составил от 20 до 40%.

Из данных, представленных на рисунке 3, видно, что внутренняя поверхность 80% исследованных туш была обсеменена микроорганизмами рода *Listeria*, не относящимися к патогенным видам. Уровень контаминации между группами исследованных туш варьировал от 20 до 90%.

В тоже время контаминация бактериями рода *Salmonella* составила 20%.

Следует отметить, что у животных 2 группы на внутренней поверхности микроорганизмы рода *Listeria* и бактерии рода *Salmonella* не обнаружены.

Уровень контаминации патогенными микроорганизмами поверхности полутуш КРС после сухой и мокрой зачистки у всех групп животных (рисунк 4), как и на предыдущих этапах исследования, различен. Так на поверхности полутуш всех групп исследованных животных установлено наличие *Listeria*. Уровень контаминации составлял 20–90%. В тоже время бактерии *L.monocytogenes* не были выявлены.

Такие результаты исследований могут свидетельствовать о том, что сухая и мокрая зачистка полутуш, которую проводят после распиловки туш, не способствует их деконтаминации.

Анализируя полутуши КРС на наличие бактерий рода *Salmonella*, установлена контаминация от 10 до 20% от всех исследованных образцов.

Результаты исследования поверхности туш и полутуш свиней после полировочной машины, извлечения внутренних органов, сухой и мокрой зачистки, представленные на рисунке 5, демонстрируют контаминацию *Listeria* поверхности 40–100% туш, а после извлечения внутренних органов еще и контаминацию внутренней поверхности 20% туш *L.monocytogenes*. Бактерии рода *Salmonella* не были выявлены.

Полученные результаты исследований позволяют установить в качестве критических точек при убойе и переработке животных следующие этапы: съёмка шкур (убой КРС), шпарка (убой свиней) и извлечение внутренних органов. Мониторинг туш на этих точках переработки животных позволит получить мясо высокого санитарного уровня.

Проведенный нами мониторинг поверхности туш и полутуш крупного рогатого скота и свиней на различных этапах убойе и переработки животных, а также мясных отрубов и полуфабрикатов из говядины и свинины на наличие микроорганизмов рода *Salmonella*, *Listeria* и бактерий вида *L.monocytogenes* позволил проанализировать и идентифицировать риски контаминации.

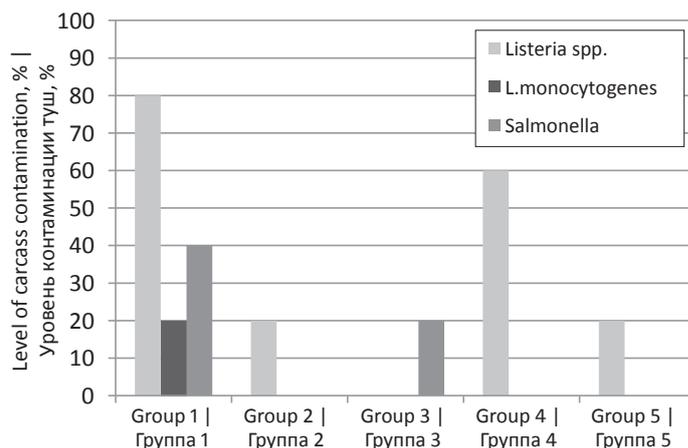


Figure 2. The level of contamination of cattle carcasses (groups 1–5) with the pathogenic microorganisms after hide removal
Рис. 2. Уровень контаминации патогенными микроорганизмами туш КРС (1–5 групп животных) после съёмки шкуры

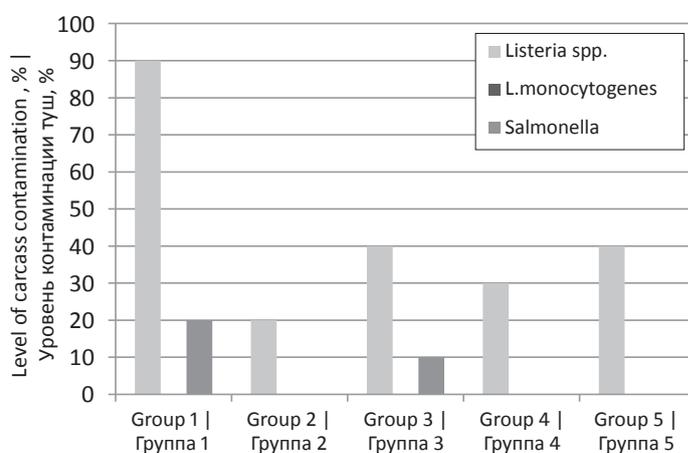


Figure 4. The level of contamination of cattle half-carcasses (animal groups 1–5) with the pathogenic microorganisms after dry and wet cleaning

Рис. 4. Уровень контаминации патогенными микроорганизмами полутуш КРС (1–5 групп животных) после сухой и мокрой зачистки

surfaces with the pathogenic microorganisms after hide removal was significantly different between all animal groups. The difference was not only in the level of contamination but also in the isolated microorganisms. For instance, *Listeria spp.*, were detected on the surfaces of cattle carcasses in four of five groups, which accounted for 80% of the total number of the examined carcasses. Therefore, it can be concluded that cattle skin is one of the main sources of carcass contamination with the microorganisms of the genus *Listeria*. With that, the level of contamination of the carcass surfaces with *Listeria* in four animal groups (groups 1, 2, 4, 5) ranged from 20 to 80%. At the same time, *L. monocytogenes* was detected on the carcass surfaces in one of five groups, which accounted for 20% of the total number of the examined carcasses. The level of contamination of the animals from group 1 was 20%.

Contamination of the cattle carcass surfaces with the microorganisms of the genus *Salmonella* at the step of hide removal was revealed in two of five examined groups, which was 40% of the total number of the examined carcasses. The level of contamination in groups 1 and 3 was in a range of 20 to 40%.

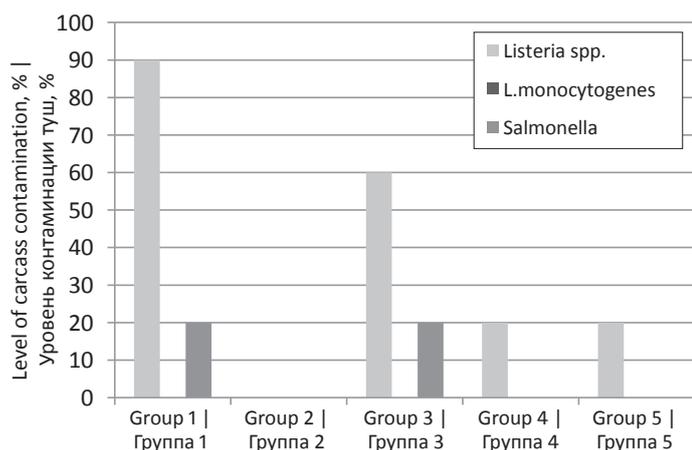


Figure 3. The level of contamination of cattle carcasses (groups 1–5) with the pathogenic microorganisms after evisceration
Рис. 3. Уровень контаминации патогенными микроорганизмами туш КРС (1–5 групп животных) после извлечения внутренних органов

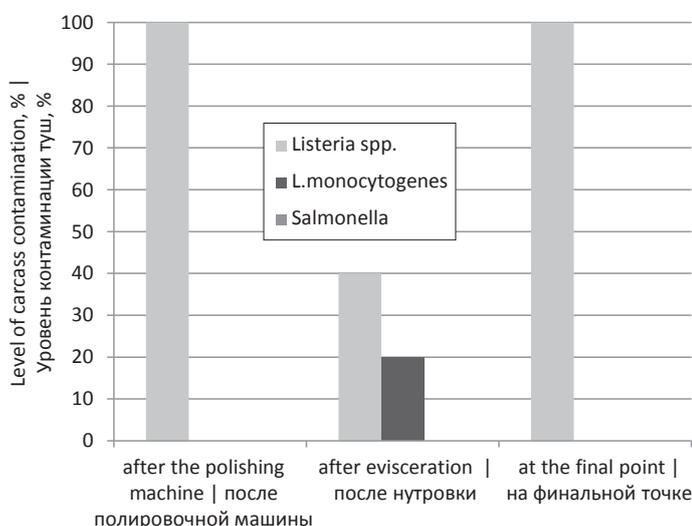


Figure 5. The level of contamination of pork carcasses with the pathogenic microorganisms at different stages of animal slaughter and processing
Рис. 5. Уровень контаминации патогенными микроорганизмами туш свиней на различных этапах убой и переработки животных

Установлено, что:

Глубокие слои мясных отрубов из говядины и свинины были свободны от микроорганизмов рода *Salmonella*, *Listeria* и бактерий вида *L.monocytogenes* при условии предварительного обжига поверхности образца и удалении обожжённого участка.

В полуфабрикатах из говядины и свинины, исследуемые микроорганизмы выявляются.

В 13% исследованных мелкокусковых полуфабрикатах из говядины были обнаружены микроорганизмы рода *Salmonella* и бактерии вида *L.monocytogenes* в 33% образцов. В то же время, в полуфабрикатах из свинины микроорганизмы рода *Salmonella* отсутствовали, а *L.monocytogenes* выявили в 27% образцов. В фаршах, составленных из говядины и свинины, уровень контаминации бактериями рода *Salmonella* достигал 11%, а *L.monocytogenes* 33% исследованных образцов.

Критическими точками при производстве говядины и свинины являются съёмка шкуры и извлечение внутренних органов. Это установлено на основании

The data presented in Figure 3 show that the internal surfaces of 80% of the examined carcasses were contaminated with the microorganisms of the genus *Listeria* that did not belong to the pathogenic species. The level of contamination varied between groups of the examined carcasses from 20% to 90%.

At the same time, contamination with the bacteria of the genus *Salmonella* was 20%.

It is necessary to note that in animals of group 2, *Listeria* and *Salmonella* were not detected.

Similar to the previous stages of the study, the level of contamination of the cattle carcass surfaces after dry and wet cleaning in all groups of animals (Figure 4) was different. For example, the presence of *Listeria* was found on the surfaces of half-carcasses in all groups of the examined animals. The level of contamination was 20–90%. At the same time, *L.monocytogenes* was not detected.

These results of the investigation suggest that dry and wet cleaning of half-carcasses, which is carried out after carcass splitting, does not facilitate decontamination.

By analyzing the cattle half-carcasses on the presence of *Salmonella*, contamination in a range from 10 to 20% of all analyzed samples was established.

The results of the investigation of pork carcasses and half-carcasses after the polishing machine, evisceration, dry and wet cleaning presented in Figure 5 demonstrate surface contamination with *Listeria* in 40–100% of carcasses, and also contamination of the internal surface with *L.monocytogenes* after evisceration in 20% of carcasses. The bacteria of the genus *Salmonella* were not revealed.

The obtained results of the investigation allow establishing the following stages in animal slaughter and processing as the critical points: hide removal (cattle slaughter), scalding (pig slaughter) and evisceration. Monitoring of carcasses at these points of animal processing will enable production of meat with high sanitary level.

The performed monitoring of surfaces of cattle and pig carcasses and half-carcasses at different stages of animal slaughter and processing, as well as the meat cuts and semi-prepared products from beef and pork on the presence of the microorganisms of the genera *Salmonella* and *Listeria*, and *L.monocytogenes* allow analysis and identification of the risks of contamination.

It was established that:

The deep levels of meat cuts from beef and pork were free from the microorganisms of the genera *Salmonella* and *Listeria*, and *L.monocytogenes* on condition of preliminarily flaming a sample surface and removing the burned area.

The microorganisms under investigation were revealed in the semi-prepared products from beef and pork.

The microorganisms of the genus *Salmonella* were found in 13% of the analyzed small-sized semi-prepared products from beef, while *L.monocytogenes* was isolated from 33% of the samples. At the same time, *Salmonella* was not detected in the semi-prepared products from pork, while *L.monocytogenes* was isolated from 27% of the samples. In minced meat prepared from beef and pork, the level of contamination with *Salmonella* and *L.monocytogenes* was 11% and 33% of all analyzed samples, respectively.

The critical points in beef and pork production are hide removal and evisceration. This was established by the mi-

микробиологического анализа внешней и внутренней поверхностей туш КРС и свиней.

Поверхность 20 % туш КРС после съёмки шкур контаминирована *L.monocytogenes*. Другими видами рода *Listeria* туши КРС контаминированы от 20 до 80 %, а свиные туши контаминированы на 100 %.

Внутренние поверхности 20–90 % исследованных туш крупного рогатого контаминированы непатогенными *Listeria*. Внутренняя поверхность 20 % свиных туш при этом была контаминирована *L.monocytogenes* и 40–100 % другими видами *Listeria*.

После съёмки шкур поверхность 20–40 % туш КРС контаминирована микроорганизмами рода *Salmonella*, а после извлечения внутренних органов, внутренняя поверхность контаминирована у 20 % туш. Микроорганизмов рода *Salmonella* на свиных тушах выявлено не было.

Сухая и влажная зачистка полутуш КРС и свиней не способствовала явному снижению их обсеменённости.

Патогенные микроорганизмы на тушах, полутушах (четвертинах) были выявлены только тогда, когда навеска отбиралась без предварительного обжига поверхности отруба. Согласно СП 3.1.7.2616–10 [14] охлажденное и замороженное мясное сырьё (мясо в тушах, полутушах, четвертинах и отрубках, мясо в блоках, мясо птицы, мясо механической обвалки, субпродукты), полуфабрикаты, а также сырокопченые (сыровяленые) изделия относят к категории высокого риска контаминации бактериями рода *Salmonella*. Однако из этого перечня только рубленные, мелкокусковые полуфабрикаты, блоки мясные замороженные, мясо механической обвалки отбирают на выявление патогенов без обжига поверхности.

Выводы

Таким образом, на основании полученных результатов мы рекомендуем проводить отбор проб для выявления патогенов от туш, полутуш (четвертин, отрубков, крупнокусковых полуфабрикатов) без обжига поверхности, так как именно они на различных этапах убоя и переработки животных в большей степени подвержены риску обсеменения.

Частота обнаружения бактерий рода *Listeria* свидетельствует об интенсивной циркуляции возбудителя листериоза на мясоперерабатывающих предприятиях. Полученные результаты доказывают наличие благоприятных условий для выживания патогенных микроорганизмов при убое и первичной переработке скота и потенциальную опасность контаминации ими готовых продуктов. Поэтому на мясоперерабатывающих предприятиях необходимо в качестве показателя контроля качества санитарной обработки ввести бактерии рода *Listeria*, а не только *L.monocytogenes*, а также смывы с туш в качестве показателя безопасности этапов убоя.

crobiological analysis of the internal and external surfaces of the cattle and pig carcasses.

The surfaces of 20% of cattle carcasses after hide removal were contaminated with *L. monocytogenes*. The other species of *Listeria* contaminated the cattle carcasses in a range of 20 до 80 %; the pig carcasses were contaminated at a level of 100 %.

The internal surfaces of 20–90% of the examined cattle carcasses were contaminated with nonpathogenic *Listeria*. With that, the internal surfaces of 20% of the examined pig carcasses were contaminated with *L.monocytogenes* and 40–100% with other species of *Listeria*.

The microorganisms of the genus *Salmonella* contaminated the surfaces of 20–40% of cattle carcasses after hide removal and the internal surfaces of 20 % of carcasses after evisceration. *Salmonella* was not detected on the pork carcasses.

Dry and wet cleaning of the cattle and pig half-carcasses did not ensure the detectable reduction of their contamination.

The pathogenic microorganisms on the carcasses, half-carcasses (quarters) were revealed only when a sample was taken without preliminary flaming a cut surface. According to SP 3.1.7.2616–10 [14], chilled and frozen meat raw materials (meat in carcasses, half-carcasses, quarters and cuts, meat in blocks, poultry meat, mechanically deboned meat, by-products), semi-prepared products, as well as uncooked smoked (raw air-dried) products fall in the category of high risk of contamination with the bacteria of the genus *Salmonella*. However, from this list, only minced and small-sized semi-prepared products, frozen meat blocks, mechanically deboned meat are sampled for analysis on pathogens without surface flaming.

Conclusion

Therefore, on the basis of the obtained results, we recommend to carry out sampling for detection of pathogens from carcasses, half-carcasses (quarters, cuts, large-sized semi-prepared products) without surface flaming as it is these products that are subjected to the risk of contamination at different stages of animal slaughter and processing to a greater degree.

The frequency of detection of *Listeria* suggests an intensive circulation of the causative agent of listeriosis in meat processing enterprises. The obtained results prove the presence of the favorable conditions for survival of the pathogenic microorganisms at cattle slaughter and processing and the potential hazard of contamination of ready products with these organisms. In meat processing plants, therefore, it is necessary to introduce detection of the bacteria of the genus *Listeria* and not only *L.monocytogenes* as indicators of sanitary treatment quality, as well as swabs from carcasses as an indicator of the safety of slaughter stages.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Dormont D. Prions, BSE and food. *International Journal of Food Microbiology*. 15 September 2002; 78 (1–2): 181–189
2. Алимов М.А. Контаминированность объектов ветеринарного надзора возбудителем листериоза и биологические свойства выделенных культур. Диссертация. 2004. 152 с.
3. Commission regulation (EC) №1688/2005 of 14 October 2005 implementing Regulation (EC) № 853/2004 of the European Parliament and of the Council as regards special guarantees

REFERENCES

1. Dormont D. Prions, BSE and food. *International Journal of Food Microbiology*. 15 September 2002; 78 (1–2): 181–189
2. Alimov M.A. Contamination of the objects of veterinary inspection with the causative agent of listeriosis and the biological properties of isolated cultures. Dissertation. 2004. 152 pages.
3. Commission regulation (EC) No 1688/2005 of 14 October 2005 implementing Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council as regards special guarantees

concerning Salmonella for consignments to Finland and Sweden of certain meat and eggs (Text with EEA relevance)

4. Батаева Д.С., Минаев М.Ю., Краснова М.А. Аспекты санитарно-микробиологического контроля охлажденного мяса. Все о мясе. 2008;6: 48–50.
5. Хамнаева Н.И. Особенности санитарно-микробиологического контроля сырья и продуктов питания животного происхождения. Учебное пособие. 2006.
6. Костенко Ю.Г. Руководство по санитарно-микробиологическим основам и предупреждению рисков при производстве и хранению мясной продукции. 2014, 636 с.
7. ГОСТ ISO 7218 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям.
8. ГОСТ 31904–2012 Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний.
9. ГОСТ Р ИСО 17604–2011 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Отбор проб с туши для микробиологического анализа.
10. ГОСТ Р ИСО 6887–2–2013 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Подготовка проб, исходной суспензии и десятикратных разведений для микробиологических исследований Часть 2 Специальные правила подготовки мяса и мясных продуктов.
11. ГОСТ Р 54354–2011 Мясо и мясные продукты. Общие требования и методы микробиологического анализа.
12. ГОСТ 32031–2012 Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes*.
13. ГОСТ 31659 Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*.
14. СП 3.1.7.2616–10 «Профилактика сальмонеллеза» (постановление №36 от 26.04.2010 г) + «Изменения и дополнения №1 к СП 3.1.7.2616–10» — СП 1.3.7.2836–11.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Батаева Дагмара Султановна — кандидат технических наук, доцент, руководитель направления микробиологии, ведущий научный сотрудник лаборатории «Гигиена производства и микробиология» ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова»
Адрес: 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: 8 (495) 6766011
E-mail: b.dagmara@inbox.ru

Юшина Юлия Константиновна — кандидат технических наук, руководитель лаборатории «Гигиена производства и микробиология» ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова»
Адрес: 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: 8 (495) 6769126
E-mail: yshinaiuk@mail.ru

Зайко Елена Викторовна — старший лаборант лаборатории «Гигиена производства и микробиологии» ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова»
Адрес: 109316 г. Москва, ул. Талалихина 26
Тел.: 8 (495) 6766011
E-mail: el.zaiko@yandex.ru

Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.

Все авторы в равной степени участвовали в этой работе.

Батаева Д.С. разрабатывала научно-методические подходы к проведению работ, определяла объем исследований, анализировала полученные данные, выполняла описательную часть и корректировала после подачи в редакцию.

Зайко Е.В. отбирала объекты исследования, выполняла микробиологический анализ.

Юшина Ю.К. занималась описательной частью, анализировала полученные данные

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат

Авторами установлены причины обсемененности мяса.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 01.06.2016

concerning Salmonella for consignments to Finland and Sweden of certain meat and eggs (Text with EEA relevance)

4. Bataeva D.S., Minaev M.Yu., Krasnova M.A. Aspects of the sanitary and microbiological control of chilled meat. All about meat. 2008; 6: 48–50.
5. Khamnaeva N.I. Peculiarities of the sanitary and microbiological control of raw material and food products of animal origin. Teaching Guide. 2006.
6. Kostenko Yu. G. Guideline on sanitary microbiological principles and prevention of risks upon meat product production and storage. 2014, 636 pages.
7. GOST ISO 7218 Microbiology of foods and animal feed. General requirements and guide for microbiological research.
8. GOST 31904–2012 Food products. Methods of sampling for microbiological analyses.
9. GOST R ISO 17604–2011 Microbiology of food and animal feeding stuffs. Carcass sampling for microbiological analysis
10. GOST R ISO 6887–2–2013 Microbiology of food and animal feeding stuffs. Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination. Part 2. Specific rules for the preparation of meat and meat products.
11. GOST R 54354–2011 Meat and meat products. General requirements and methods of microbiological testing.
12. GOST 32031–2012 Food products. Methods for detection of *Listeria monocytogenes*.
13. GOST ГОСТ 31659 Food products. Method for the detection of *Salmonella* spp.
14. SP 3.1.7.2616–10 «Prevention of salmonellosis» (Resolution No 36 of 26.04.2010 r) + «Amendment No 1 to SP 3.1.7.2616–10» — SP 1.3.7.2836–11.

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Bataeva Dagmara Sultanovna — candidate of technical sciences, docent, Head of the Direction of Microbiology, leading scientific worker of the Laboratory «Hygiene of production and microbiology» of FG-BNU «The V.M. Gorbатов VNIIMP»
Address: 109316, Talalikhina str., 26, Moscow, Russia
Ph.: 8 (495) 6766011
E-mail: b.dagmara@inbox.ru

Yushina Yulia Konstantinovna — candidate of technical sciences, docent, Head of the Laboratory «Hygiene of production and microbiology» of FGBNU «The V.M. Gorbатов VNIIMP»
Address: 109316, Talalikhina str., 26, Moscow, Russia
Ph.: 8 (495) 6769126
E-mail: yshinaiuk@mail.ru

Zaiko Elena Victorovna — senior research technician of the Laboratory «Hygiene of production and microbiology» of FGBNU «The V.M. Gorbатов VNIIMP»
Address: 109316, Talalikhina str., 26, Moscow, Russia
Ph.: 8 (495) 6766011
E-mail: el.zaiko@yandex.ru

Contribution

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

Bataeva D.S. developed the scientific methodical approaches to performing the work, determined the volume of investigation, analyzed the obtained data, performed the descriptive part and made corrections after submission to the editorial office.

Zaiko E.V. sampled the subjects of the investigation and performed the microbiological analysis.

Yushina Yu.K. was engaged in the descriptive part, analyzed the obtained data.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors established the causes of meat contamination.

Conflict of interest

The authors declare the absence of conflict of interest.

Received 01.06.2016

USE OF MEAT-BONE PASTE AS A PROTEIN SOURCE IN MEAT PRODUCT PRODUCTION

ПРИМЕНЕНИЕ МЯСОКОСТНОЙ ПАСТЫ В КАЧЕСТВЕ БЕЛКОВОЙ ДОБАВКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Kakimov A.K., Kabulov B.B., Yessimbekov Zh.S., Kuderinova N.A.
Shakarim State University of Semey, Semey, Kazakhstan

Ключевые слова: кость, мясокостная паста, белковый комплекс, измельчение, пищевая ценность.

Keywords: bone, meat-bone paste, protein complex, grinding, nutritive value.

Аннотация

В статье отражены результаты экспериментальных исследований по разработке технологии белкового комплекса на основе мясокостной пасты и белково-жиро-кровяной эмульсии. Приведена технологическая схема получения мясокостной пасты на основе комплексного измельчения до размеров костных частиц $100 \cdot 10^{-6}$ м и дальнейшей обработки костных частиц с использованием реагента — творожной сыворотки с pH 4,3. При изучении пищевой и биологической ценности белкового комплекса установлено, что белковый комплекс, состоящий из пищевого компонента из кости и белково-жиро-кровяной эмульсии, возможно использовать взамен основного сырья в производстве мясных продуктов. Сравнительный анализ пищевой ценности белкового комплекса и конины показал следующие результаты: аминокислотный состав белкового комплекса свидетельствует о сбалансированности незаменимых аминокислот и высоком содержании лимитирующих биологическую ценность незаменимых аминокислот: лизина, лейцина, треонина; наблюдается высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот в белковом комплексе, что свидетельствует о биологической ценности белкового комплекса.

Abstract

In this paper, the results of the experimental research on developing the technology of a protein complex based on the meat-bone paste and protein-fat-blood emulsion are shown. The technological scheme of meat-bone paste production on the basis of complex grinding meat-bone raw material to bone particle size of $100 \cdot 10^{-6}$ m and further processing of bone particles using reagent, cheese whey, with pH 4,3 is presented. When studying the nutritive and biological value of the protein complex, it was established that the protein complex consisting of the food component from bone and protein-fat-blood emulsion could be used instead of the basic raw material in meat product production. The comparative analysis of the nutritive value of the protein complex and horse meat demonstrated the following results: the amino acid composition of the protein complex showed a balance of the essential amino acids and the high content of the essential amino acids which limit the biological value: lysine, leucine and threonine. The high content of polyunsaturated fatty acids was observed, which justified the biological value of the protein complex.

Введение

Для улучшения снабжения населения Республики Казахстан белковыми продуктами питания ученые и специалисты мясной промышленности решают задачи, связанные с максимальным использованием имеющихся в отрасли сырьевых ресурсов и целенаправленным вовлечением в производство мясопродуктов дополнительных источников белкового сырья. В связи с особенностями состава и свойств, одним из редко используемых видов вторичного сырья на пищевые цели является костное сырье [1]. Использование костного сырья для производства различной продукции обусловлено содержанием в нем высокоусвояемых белков, жиров, фосфорных кальциевых солей, макро- и микроэлементов, витаминов, аминокислот [2]. В традиционной технологии переработка костного сырья предусматривает, в основном, выработку из него костного жира, бульона, кормовой муки, а также с помощью кислотной и щелочной обработки извлечение белковых и минеральных компонентов для выработки пищевой продукции.

Одним из перспективных направлений в создании пищевых продуктов является комплексная переработка мясокостного сырья, которая предусматривает три стадии измельчения: крупное (до $5 \cdot 10^{-3}$ м), мелкое (до $1 \cdot 10^{-3}$ м) и сверхтонкое (до $100 \cdot 10^{-6}$ м). Про-

Introduction

To increase the protein food product supply for the population of the Republic of Kazakhstan, the scientists and experts of meat industry have been solving the tasks regarding the maximum use of the raw material resources available in food sector and targeted inclusion of additional protein sources in meat product production. Due to the special features of the composition and properties, bone raw material is one of the secondary raw material types which are rarely used for food purposes [1]. The presence of highly digestible proteins, fats, phosphorous and calcium salts, macro- and microelements, vitamins and amino acids is the reason for using bone in production of various products [2]. In the traditional technology, bone processing includes mainly production of bone fat, broth, feeding meal as well as extraction of the protein and mineral components by acid and alkaline treatment for food production.

One of the promising trends in developing food products is the complex processing of meat-bone raw material, which consists of three stages of grinding: coarse (up to $5 \cdot 10^{-3}$ m), fine (up to $1 \cdot 10^{-3}$ m) and ultra-fine (up

цесс сверхтонкого измельчения позволяет получить продукт — мясокостную пасту, освобожденную от ощущения жесткости на языке, полностью перевариваемую и усвояемую человеком и используемую для получения белковых добавок. Пищевая и биологическая ценность белковых добавок из мясокостного сырья зависит от технологии их производства. Известно, что в нативном состоянии костное сырье не расщепляется пищеварительными протеолитическими ферментами из-за прочных дисульфидных связей между полипептидными цепочками молекулы белка [3]. Современные способы обработки костного сырья, необходимые для превращения их в перевариваемую форму, опираются на комплексное действие различных факторов и включают тонкое измельчение, взаимодействие с химическими веществами, тепловую обработку и применение ферментов. Для полного расщепления костного сырья рационально использовать молочную сыворотку, в частности, творожную, которая заслуживает пристального внимания как с точки зрения более полной утилизации всех составных частей молока, так и в связи с проблемой охраны окружающей среды. Положительное действие сыворотки на организм человека связано с ее составом, в т.ч. с необычным соотношением в ней белков, жиров и углеводов. Сыворотке приписывается мочегонное, успокаивающее слизистую оболочку, общеукрепляющее действие; ее с успехом применяют при дизентерии, желтухе, кожных заболеваниях, камнях в мочевом пузыре, при отравлениях [4]. Полученная мясокостная паста используется для получения пищевого компонента, который предусматривает обработку костного сырья биопрепаратом — активной творожной сывороткой [5].

В мясной промышленности область применения биопрепаратов полностью не изучена. В основном их используют для тендеризации мяса и получения гидролизатов из малоценного сырья, которыми обогащают пищевые продукты. Обработка костного сырья биопрепаратом базируется на традиционных биохимических и физических процессах, сходных с изменениями, наблюдаемыми при естественном автолизе мясного сырья. Скорость этих превращений регулируется температурой, величиной pH и концентрацией биопрепарата. Одновременное воздействие биопрепарата и ферментов, которыми богато вторичное сырье мясной промышленности, способствует переводу высокобелковых фракций в низкомолекулярные соединения, образованию «открытых» форм белковых молекул, которые легче перевариваются и усваиваются организмом.

Целью работы является разработка технологии производства и исследование пищевой и биологической ценности белкового комплекса на основе мясокостной пасты и белково-жиро-кровяной эмульсии.

Материалы и методы

Объектами исследования являются мясокостное сырье, мясокостная паста, пищевой компонент, белково-жировая эмульсия и белковый комплекс, конина I и II категории.

to $100 \cdot 10^{-6}$ m). The ultra-fine grinding allows obtaining a product, meat-bone paste, with soft texture, fully digested by the human body and used to produce protein additives. The nutritive and biological value of protein additives from meat-bone raw material depends on their production technology. It is known that bone in the native state is not broken up by the digestive and proteolytic enzymes because of the strong disulfide bonds between the polypeptide chains of the protein molecule [3]. The modern methods of bone raw material treatment, which are necessary for its conversion into the digestible form, are based on the complex action of different factors, including ultra-fine grinding, interaction with chemicals, heat treatment and use of enzymes. To fully break up bone raw material, it is expedient to use whey, particularly curd whey, which deserves close attention in terms of complete utilization of all milk components and the problem of environmental protection. The positive effect of whey on a human organism is associated with its composition, including unusual ratio of proteins, fats and carbohydrates. Several properties have been ascribed to whey, such as the diuretic and general strengthening effects, as well as a soothing effect on a mucous membrane; it is successfully used for dysentery, jaundice, skin diseases, calculus in the bladder and poisoning [4]. The produced meat-bone paste, which technology includes the process of bone raw material treatment with a biopreparation — active curd whey, is used for production of a food component [5].

The scope of using biopreparations in meat industry is not well studied. They are mainly used for meat tenderization and production of hydrolysates from low-value meat raw material for food product enrichment. Treatment of bone raw material with biopreparations is based on the traditional biochemical and physical processes, which are similar to the changes observed during the natural autolysis of meat. The rate of these transformations is controlled by temperature, pH value and a concentration of a biopreparation. Simultaneous action of a biopreparation and enzymes, which are abundant in the secondary meat raw material facilitates the transformation of the high protein fraction into the low-molecular-weight compounds, the formation of the “open” forms of the protein molecules that are easier to digest and utilize by an organism.

The aim of this work is to develop the technology of production and to study the nutritive and biological value of the protein complex based on the meat-bone paste and protein-fat-blood emulsion.

Materials and methods

The subjects of research were the meat-bone raw material, meat-bone paste, food component, protein-fat emulsion and protein complex, horse meat of categories I and II.

Получение мясокостной пасты, которую можно использовать в рецептуре белковых добавок для замены основного сырья 10–50%, при выработке комбинированных мясных продуктов: вареных колбас, сосисок, сарделек, паштетов, полуфабрикатов осуществляют по следующей технологической схеме. Мясокостное сырье сначала подвергают среднему измельчению до размеров частиц менее $50 \cdot 10^{-3}$ м, затем мелкому измельчению на экспериментальном волчке-дробилке до размеров частиц менее $(2-3) \cdot 10^{-3}$ м. Полученный мясокостный фарш охлаждают, подмораживают до температуры 0°C . К нему добавляют ледяную воду или чешуйчатый лед в соотношении 1:2 и перемешивают. Эту смесь подвергают первичному тонкому измельчению на установке для тонкого измельчения мясокостного сырья с зазором между ножами $50 \cdot 10^{-6}$ м, затем охлаждают до температуры 0°C . Затем мясокостный фарш вторично тонко измельчают на машине «Masskolloider MKZA 10–15J». Готовую мясокостную пасту отправляют на тепловую обработку или замораживают и отправляют на хранение [6].

Обработка мясокостной пасты творожной сывороткой

Полученную мясокостную пасту подвергают тепловой обработке с использованием реагента — творожной сыворотки с pH 4,3. Творожная сыворотка, проникая внутрь массы, расщепляет структуру костной ткани, при этом образуются коллоидные растворимые соединения. Под действием протеолитических ферментов, содержащихся в творожной сыворотке, происходит расщепление белковых веществ. Температура $90-100^\circ\text{C}$ ускоряет процесс, позволяет разрушить структуру костной ткани и повысить растворимость соединительнотканых белков и извлечь их из костного каркаса. Процесс перемешивания и нагревания осуществляется при помощи магнитной мешалки. Далее полученный пищевой компонент сушится и пропускается через набор сит, для определения гранулометрического состава [5].

Технология производства белкового комплекса

На основании экспериментальных исследований по определению технологических режимов производства белкового комплекса предложена следующая рецептура и технологическая схема в соответствии с таблицей 1 и рисунком 1.

При хранении приготовленного белкового комплекса в течение (4–6) ч при температуре $(2-4)^\circ\text{C}$ происходит незначительное изменение микробной обсемененности в сторону увеличения, без изменения характера микрофлоры. Это фаза остановки роста перед началом логарифмического характера размножения. Исходя, из этого следует, что длительное хранение белкового комплекса и при не соблюдении режимов охлаждения и хранения может привести к интенсивному развитию микроорганизмов, обуславливающих его порчу.

Минеральный состав образцов определяли на масс-спектрометре «VARIAN 820 ICP-MS» (фирма «VARIAN», Австралия), витаминный и аминокислотный составы

The meat-bone paste, which can be used in the formulation of the protein complexes instead of 10–50% of the basic raw material during production of the combined meat products (cooked sausages, small sausages, pates, semi-finished food products) was produced by the following technological scheme. At first, meat-bone raw material is subjected to medium comminution to a bone particle size less than $50 \cdot 10^{-3}$ m, then to fine comminution to a bone particle size less than $(2-3) \cdot 10^{-3}$ m using an experimental grinder. The obtained meat-bone forcemeat is cooled, slightly frozen to a temperature of 0°C . The ice water or scale ice are added to it in a ratio of 1:2 and mixed. This mixture is then subjected to the first fine comminution in the grinder for meat-bone raw material with the clearance between knives of $50 \cdot 10^{-6}$ m, and then cooled to a temperature of 0°C . After that, meat-bone forcemeat is finely comminuted for the second time in the machine “Masskolloider MKZA 10–15J”. The finished meat-bone paste is sent to heat treatment or additional freezing and then to storage [6].

Treatment of meat-bone paste with curd whey

The obtained meat-bone paste is subjected to heat treatment with use of a reagent, curd whey, with pH 4,3. Curd whey penetrates inside the mass and breaks up the structure of the bone tissue; as this takes place, the colloid soluble compounds are formed.

The breakdown of proteins occurs under the action of the proteolytic enzymes of curd whey. A temperature of $90-100^\circ\text{C}$ accelerates the process, allows destroying the bone tissue structure and increasing the solubility of the connective tissue proteins and their extraction from the bone framework. After that, the obtained food component is dried and caused to pass through a set of sieves for determining the granulometric composition [5].

Technology of protein complex production

Based on the experimental research on developing the technological regimes of protein complex production, we proposed the following formulation and technological scheme as shown in Table 1 and Figure 1.

During storage of the prepared protein complex for 4–6 h at a temperature of $2-4^\circ\text{C}$, the microbial content slightly increases without changes in the composition of microflora. This is the lag-phase before the logarithmic phase of reproduction. This suggests that long-term storage of the protein complex and non-compliance with cooling and storing regimes can lead to intensive development of microorganisms, which cause spoilage.

The mineral composition of the samples was determined on the Mass Spectrometer VARIAN 820 ICP-MS (VARIAN Company, Australia), the vitamin and amino acid composition by the method of High Performance Liquid Chromatography on the Liquid Chromatograph LC-20 Prominence (Shimadzu Company, Japan) and the chemical composition by the method of one specimen. The method consists in the consequent detection of moisture,

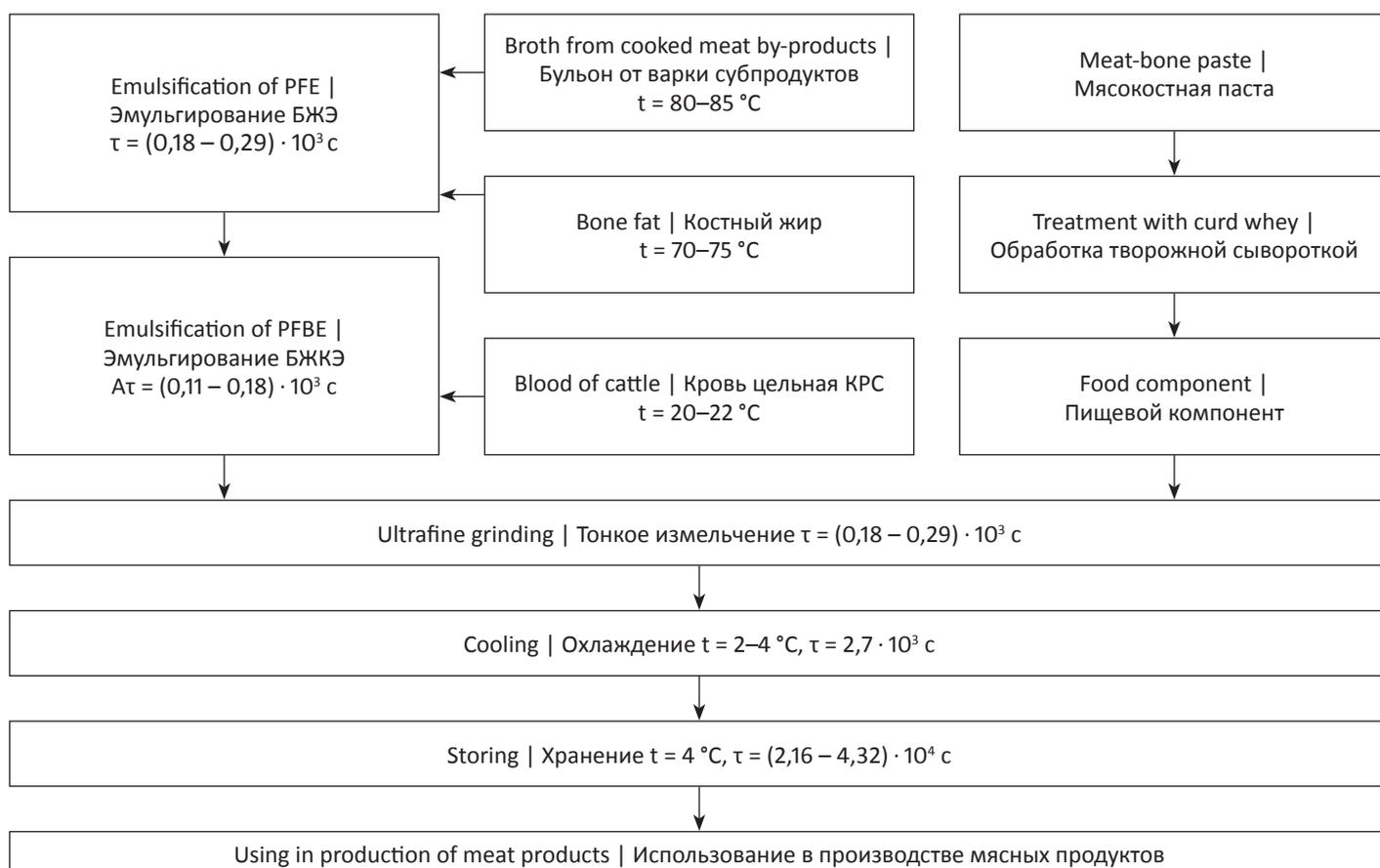


Figure 1. Technological line of production of protein compound

Рис. 1 Технологическая схема производства белкового комплекса

методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, на жидкостном хроматографе «LC-20 Prominence» (фирма Шимадзу, Япония), химический состав методом одной навески исследуемой пробы. Метод заключается в последовательном определении в одной навеске продукта содержания влаги, жира, золы и белка (ГОСТ 9793–74, ГОСТ Р 51479–99, ГОСТ 23042–86, ГОСТ 25011–81).

Результаты и обсуждение

Исследование химического, аминокислотного и жирнокислотного составов белкового комплекса

С целью обоснования возможности использования белкового комплекса в производстве мясных продуктов взамен основного сырья проведен ряд исследований. Сравнительная оценка химического состава показала, что по содержанию пищевых веществ белковый комплекс не уступает конине I и II категории (табл. 2).

Анализ полученных данных показывает, что белковый комплекс по химическому составу аналогичен мясу конины I и II категории. В результате проведенных исследований установлено наличие тесной корреляционной связи между соотношениями основных компонентов. Пищевая ценность любого продукта может быть оценена по степени соответствия его химического состава требованиям сбалансированности компонентов, определяющих потребность человека

fat, ash and protein (ГОСТ 9793–74, ГОСТ Р 51479–99, ГОСТ 23042–86, ГОСТ 25011–81) in one specimen of a product.

Table 1. Formulation of protein compound

Таблица 1. Рецепттура белкового комплекса

Raw material, kg Сырье, в кг	
Broth from cooked meat by-products Бульон от варки субпродуктов КРС	12,0
Bone fat Жир костный	12,94
Whole blood of cattle Кровь цельная КРС	6,0
Food component from bone Пищевой компонент из кости	69,06
Total: Итого:	100,0

Results and discussion

The chemical, amino acid and fatty acid composition of the protein complex

To justify the possibility of using the protein complex instead of the basic raw material in meat product production, a number of investigations were carried out. The comparative assessment of the chemical composition showed that the protein complex was as good as horse meat of categories I and II in terms of the nutrient content (Table 2).

The analysis of the obtained data showed that the protein complex was similar to horse meat of categories I and II by the chemical composition. As a result of the performed research, the close correlations between the

Table 2. Comparative assessment of chemical composition of horse meat and protein compound

Табл. 2. Сравнительная оценка химического состава конины и белкового комплекса

Indicators, % Показатели, %	Horse meat* Конина*		Protein complex Белковый комплекс
	category I I категории	category II II категории	
Moisture Влага	69,60	73,90	70,21±0,20
Protein Белок	19,50	20,90	15,39±0,10
Fat Жир	9,90	4,10	12,94±0,12
Ash Зола	1,00	1,10	1,46±0,06

* Note: the data are obtained from the literature. | * Примечание: данные взяты из литературных источников.

в основных пищевых веществах и энергии, для сохранения здоровья. Теория сбалансированного питания отвечает оптимальным пропорциям отдельных пищевых веществ в рационах питания. Главное внимание при этом уделяется незаменимым компонентам пищи.

Соотношение между белками, жирами и углеводами принято 1:1,4:4,1 (для людей занимающихся умственным трудом) и 1:1,3:3,5 (при физическом труде). При оценке сбалансированности белков учитывают, что на белки животного происхождения должны приходиться 55 % общего количества белка. Пищевая ценность продукта тем выше, чем в большей степени его химический и аминокислотный составы соответствуют формуле сбалансированного питания.

Анализ конины I категории показал, что при наличии некоторого запаса незаменимых аминокислот, он не одинаков для всех них и, что такие аминокислоты, как изолейцин, лейцин, треонин, серосодержащие аминокислоты являются лимитирующими. Это может оказать существенное влияние на сбалансированность при комбинировании белков. Для того, чтобы это влияние не было отрицательным, необходимо при использовании мясной обрезки конской в мясных изделиях обогащать его белковым комплексом.

Сравнительная оценка аминокислотного состава белкового комплекса и конины I и II категории представлена в таблице 3.

Анализ данных аминокислотного состава свидетельствует о сбалансированности незаменимых аминокислот белкового комплекса и высоком содержании лимитирующих биологическую ценность незаменимых аминокислот: лизина, лейцина, треонина.

main component ratios were determined. The nutritive value of any food product can be assessed by the degree of compliance of its chemical composition with the requirements of the component balance determining the human need for the main essential nutrients and energy for health maintenance. The theory of the balanced diet corresponds to the optimum proportions of certain nutrients in a human diet. The primary attention is given to the essential nutrients.

The ratio between proteins, fats and carbohydrates is 1:1.4:4.1 (for individuals engaged in mental work) and 1:1.3:3.5 (for those engaged in physical work). When assessing the protein balance, it is taken into consideration that animal proteins should account for 55% of total protein content. The greater the degree of compliance of product chemical and amino acid compositions with the corresponding formula of balanced nutrition, the higher the nutritive value of a product.

The analysis of horse meat of category I showed, that with the presence of the essential amino acids, their content is not the same, and several amino acids, such as isoleucine, leucine, threonine and sulfur-containing amino acids, are limiting. That could have a serious effect on the amino acid balance when combining proteins. To ensure that this effect is not negative, it is necessary to enrich horse meat trimmings with the protein complex when using them in meat products.

The comparative assessment of the amino acid composition of the protein complex and horse meat of categories I and II is presented in Table 3.

The data analysis of amino acid composition suggests the balance of the essential amino acids in the protein

Table 3. Comparative assessment of amino acid composition of horse meat of I and II category and protein compound

Табл. 3. Сравнительная оценка аминокислотного состава конины I и II категории и белкового комплекса

Essential amino acids, g/100 g of protein Незаменимые аминокислоты, г на 100 г белка	* Horse meat of category II * Конина II категории	* Horse meat of category I * Конина I категории	Protein complex Белковый комплекс
Valine Валин	10,79	6,11	5,98
Isoleucine Изолейцин	8,65	4,82	4,42
Leucine Лейцин	16,18	9,13	9,17
Lysine Лизин	18,83	7,56	8,77
Methionine Метионин	5,12	2,09	2,01
Threonine Треонин	10,00	4,13	4,87
Tryptophan Триптофан	3,05	1,33	1,62
Phenylalanine Фенилаланин	9,28	3,86	3,83
Total of essential amino acids Всего незаменимых аминокислот	81,90	39,03	40,67

* Note: data from literature sources. | * Примечание: данные взяты из литературных источников.

Для более полного исследования пищевой ценности белкового комплекса исследовали его жирнокислотный состав (табл. 4). При изучении жирнокислотных составов белкового комплекса и конины установлено, что белковый комплекс по содержанию жирных кислот значительно превосходит конину II категории, особенно по содержанию ПНЖК, что свидетельствует о биологической ценности белкового комплекса.

Определение минеральных веществ и витаминов в белковом комплексе

Для оценки биологической и пищевой ценности продукта содержание витаминов, микро- и макроэлементов представляет большой интерес, так как оно имеет непосредственное отношение к процессам роста, кровообращения, обмена веществ и другим процессам, происходящим в организме человека. Современные представления о биологической ценности продукта подтверждают необходимость достаточного содержания в пище белка, незаменимых аминокислот и других важнейших факторов питания — витаминов, микро- и макроэлементов. Изобилие или недостаток их в организме вызывает вредное действие, так как они принимают непосредственное участие в процессе кроветворения и влияют на деятельность нервной, сердечно-сосудистой систем и др.

Одной из важнейших функций минеральных веществ является содержание в организме необходимого кислотно-щелочного равновесия. Исследования многих авторов свидетельствуют о том, что фосфор, магний, кальций, железо, а также микроэлементы необходимы для полноценного питания [7, 8].

Значительная физиологическая активность микроэлементов, несмотря на малое содержание их в организме, объясняется тем, что они принимают участие в структуре ряда ферментов, гормонов, витаминов. Роль микроэлементов в организме велика, так как все реакции синтеза, распада, обмена протекают при активном их участии. Следовательно, можно сделать вывод, что достаточное количество микроэлементов является одним из определяющих факторов полно-

complex and a high content of the essential amino acids limiting the biological value: lysine, leucine and threonine.

For more complete study of the protein complex nutritive value, the fatty acid composition was analyzed (Table 4). When studying the fatty acid composition of the protein complex and horse meat, it was established that the protein complex is far superior to horse meat of category II in terms of the fatty acid content, especially content of PUFAs, which demonstrated the biological value of the protein complex.

Determination of mineral elements and vitamins in the protein complex

The content of vitamins and macro- and microelements is of great interest for evaluation of the product biological and nutritive value as they are directly relevant to the process of growth, blood circulation, metabolism and other processes, which occur in a human body. The present concept of the food product biological value confirms the need for sufficient content of proteins, essential amino acids and other important factors of nutrition, such as vitamins, macro- and microelements, in food. Their abundance or deficiency in a human body has a detrimental effect as they are directly involved in hemopoiesis and influence the function of the nervous and cardiovascular systems, and others.

One of the main functions of mineral elements is to ensure the necessary acid-alkaline balance in an organism. Research studies of many authors suggest that phosphorous, magnesium, calcium, iron and microelements are essential for adequate nutrition [7, 8].

The significant physiological activity of microelements despite their low content in an organism is attributed to their involvement in the structure of several enzymes, hormones and vitamins. The role of microelements in an organism is significant as all reactions of synthesis, breakdown and metabolism occur with their active participation. Therefore, it can be concluded that sufficient quantity of microelements is one of the determining factors for human adequate nutrition. The con-

Table 4. Comparative assessment of amino acid composition of horse meat of I and II category and protein compound

Таблица 4. Сравнительная оценка аминокислотного состава конины I и II категории и белкового комплекса

Fatty acids, g/100 g Жирные кислоты, г на 100 г продукта	Code of acid Код кислоты	* Horse meat of II category *Конина II категории	Protein complex Белковый комплекс
Saturated: Насыщенные:			
Myristic Миристиновая	(C 14:0)	0,29	0,42
Palmitinic Пальмитиновая	(C 16:0)	2,29	3,64
Stearinic Стеариновая	(C18:0)	0,39	0,87
Monounsaturated: Мононенасыщенные:			
Myristoleic Миристолеиновая	(C14:1)	0,06	0,22
Palmitoleic Пальмитолеиновая	(C16:1)	0,73	0,99
Oleic Олеиновая	(C18:1)	3,23	5,01
Polyunsaturated: Полиненасыщенные:			
Linoleic Линолевая	(C18:2)	1,12	1,60
Linolenic Линоленовая	(C18:3)	0,17	0,17
Arachidonic Арахидоновая	(C20:4)	0,02	0,02

* Note: data from literature sources. | * Примечание: данные взяты из литературных источников.

ценного питания человека. Результаты анализа содержания минеральных веществ приведен на **рисунке 2**. Витаминный состав белкового комплекса включает: тиамин (B1) — 0,05 мг/100 г, рибофлавин (B2) — 0,064 мг/100 г, ниацин (PP) — 0,64 мг/100 г, аскорбиновая кислота (C) — 0,85 мг/100 г.

Большая массовая доля белка в пищевом компоненте, белковом комплексе еще не является критерием высокой биологической ценности, и поэтому нами были дополнительно рассчитаны аминокислотные scores пищевого компонента и белкового комплекса. Результаты исследования биологической ценности конины II категории, пищевого компонента из кости и белкового комплекса представлены в **таблице 5**.

Content of mineral elements in the protein complex is shown in **figure 2**. The vitamin composition of the protein complex includes: thiamine (B1) — 0,05 mg/100 g, riboflavin (B2) — 0,064 mg/100 g, niacin (PP) — 0,64 mg/100 g, ascorbic acid (C) — 0,85 mg/100 g.

The high mass fraction of protein in the food component and the protein complex is not a criterion of the high biological value of the products, and, therefore, the amino acid scores of the food component and the protein complex were additionally calculated. The results of the research of the biological value of horse meat of category II, the food component from bone and the protein complex are shown in **Table 5**.

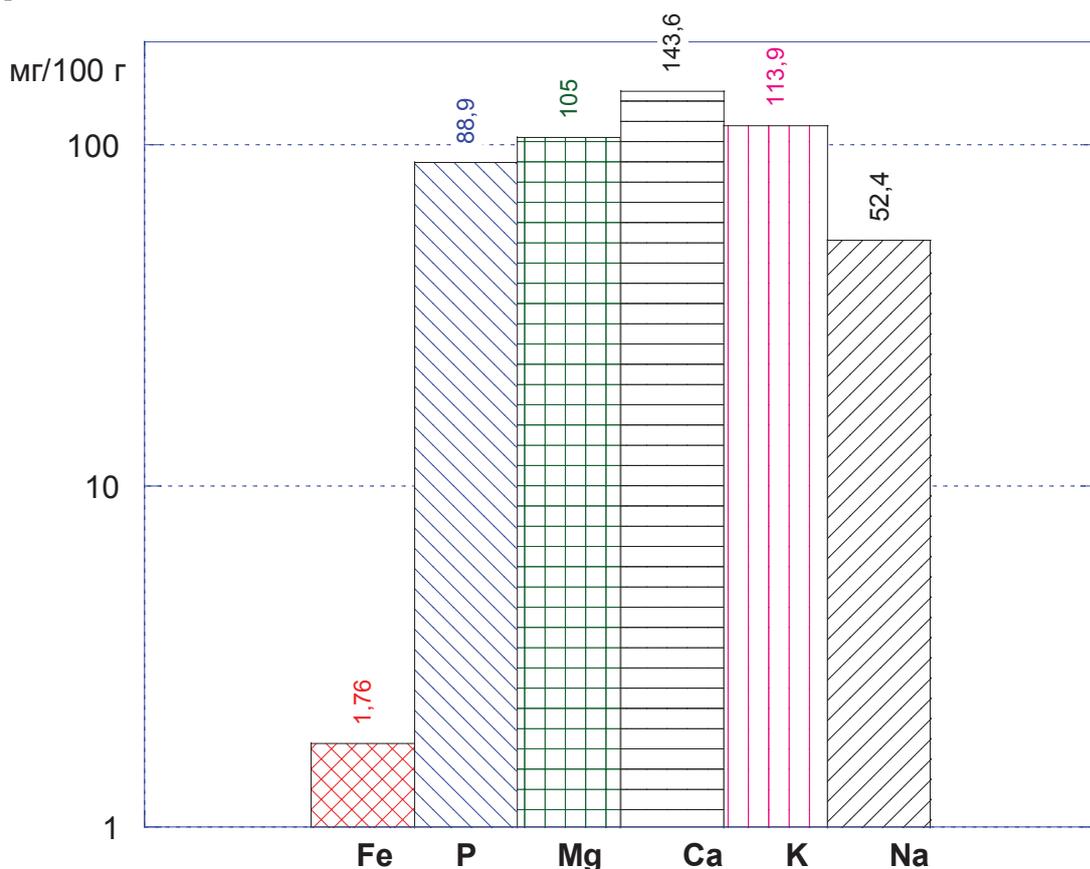


Figure 2. Content of mineral elements in the protein compound
Рис. 2. Содержание минеральных веществ в белковом комплексе

Table 5. Comparative analysis of biological value of horse meat of II category, food component from bone and protein compound
Табл. 5. Сравнительный анализ биологической ценности конины II категории, пищевого компонента из кости и белкового комплекса

Amino acids Аминокислоты	Аминокислотный скор, %/Amino acid score, %		
	Horse meat of II category Конина II категории	Food component from bone Пищевой компонент из кости	Protein complex Белковый комплекс
Valine Валин	103	109	120
Isoleucine Изолейцин	103	113	110
Leucine Лейцин	110	142	131
Lysine Лизин	163	157	159
Methionine + cystine Метионин + цистин	114	101	106
Threonine Треонин	119	124	122
Tryptophan Триптофан	146	173	162
Phenylalanine + tyrosine Фенилаланин + тирозин	133	106	115
Limiting amino acids Лимитирующие аминокислоты	Нет/No	Нет/No	Нет/No

Закключение

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований предложена комплексная переработка мясокостного сырья для получения мясокостной пасты и тепловая обработка мясокостной пасты творожной сывороткой для получения пищевого компонента. В ходе разработки белкового комплекса, состоящий из пищевого компонента из кости и белково-жиро-кровяной эмульсии (БЖКЭ), определена пищевая и биологическая ценность, доказана возможность использования белкового комплекса взамен основного сырья в производстве мясных продуктов. Сравнительная оценка химического состава показала, что по содержанию пищевых веществ белковый комплекс не уступает конине I и II категории. Аминокислотный состав белкового комплекса свидетельствует о сбалансированности и высоком содержании лимитирующих биологическую ценность незаменимых аминокислот: лизина, лейцина, треонина. Наблюдается высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот в белковом комплексе, что свидетельствует о биологической ценности белкового комплекса.

Исходя из проведенных исследований и полученных результатов, белковый комплекс на основе пищевого компонента из кости и БЖКЭ возможно использовать в рецептуре мясных продуктов при замене основного сырья.

Благодарность

Авторы благодарят сотрудников аккредитованной испытательной региональной лаборатории инженерного профиля «Научный центр радиоэкологических исследований» государственного университета имени Шакарима г. Семей за помощь при проведении анализов.

Conclusion

Thus, as a result of the performed research, the complex processing of meat-bone raw material for meat-bone paste production and heat treatment of meat-bone paste with curd whey for food component production were proposed. During the development of the protein complex consisting of the food component from bone and protein-fat-blood emulsion (PFBE), the nutritive and biological value was determined, the possibility to use the protein complex instead of the basic food raw material in meat product production was proven. The comparative analysis of the chemical composition showed that the protein complex was as good as horse meat of categories I and II in terms of the nutrient content. The amino acid composition of the protein complex demonstrated the balance of the essential amino acids and a high content of the essential amino acids limiting the biological value: lysine, leucine and threonine.

The high content of the polyunsaturated fatty acids was observed in the protein complex, which indicates the biological value of the protein complex. Based on the performed research and the obtained results, it was concluded that the protein complex based on the food component and PFBE can be used in formulations of meat products instead of the basic raw material.

Acknowledgments

The authors thank the staff of the accredited regional testing laboratory of engineering profile "Scientific Center of Radio-Ecological Research" of Shakarim State University of Semey for their assistance in conducting the analysis.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Какимов А.К., Тулеуов Е.Т., Кудеринова Н.А. Переработка мясокостного сырья на пищевые цели. Монография — Семипалатинск, Тенгри, 2006. — 130 с.
2. Какимов А.К. Научные основы технологических процессов обработки комбинированных мясных продуктов с добавлением костного сырья. Диссертация ... докт. техн. наук. — Алматы: АТУ, 2007. — 270 с.
3. Кудеринова Н.А., Тулеуов Е.Т., Какимов А.К. Разработка технологии получения пищевого компонента из кости. // Журнал «Пищевая и перерабатывающая промышленность Казахстана», № 1. — Алматы, 2004. — с. 9–10.
4. Уразбаев Ж.З., Уалиев С.Н., Какимов А.К., Кабулов Б.Б. Основы механической обработки сырья животного и растительного происхождения и технологии производства комбинированных мясных продуктов. Монография. — Семей, Семипалатинский государственный университет имени Шакарима, 2010. — 260 с.
5. Кудеринова Н.А. Разработка технологии получения и использования пищевого компонента из костного сырья: диссертация ... канд. техн. наук. 05.18.04. — Семипалатинск: СГУ им. Шакарима, 2004. — 231 с.
6. Патент РК №24479 Устройство для тонкого измельчения мясного и мясокостного сырья. Авторы Какимов А.К., Кабулов Б.Б., Ибрагимов Н.К., Есимбеков Ж.С., Есмагамбетов А.А.
7. Somogyi T., Holló I., Csapó J., Anton I., Holló G. Mineral content of three several muscles from six cattle genotypes. *Acta Alimentaria*, Vol. 44 (1), pp. 51–59 (2015) doi:10.1556/AAlim.44.2015.1.4.
8. Pilarczyk R. Concentrations of toxic and nutritional essential elements in meat from different beef breeds reared under intensive production systems. *Biol Trace Elem Res*, 2014, Volume 158, Issue 1, pp 36–44 doi:10.1007/s12011-014-9913-y.

REFERENCES

1. Kakimov A.K., Tuleuov E.T., Kuderinova N.A. Processing of meat bon for food consumption. Monograph. Semipalatinsk, Tengri, 2006. — 130 p.
2. Kakimov A.K. Scientific basis of technological processing of combined meat products with bone raw material. Thesis for Doctor of technical sciences. —Almaty: ATU, 2007. — 270 p.
3. Kuderinova N.A., Tuleuov E.T., Kakimov A.K. Development of the technology of producing food component from the bone. // Food and processing industry of Kazakhstan, 1, 2004. P. 9–10.
4. Urazbayev Zh.Z., Ualiev S.N., Kakimov A.K., Kabulov B.B. Bases of mechanical processing of animal and plant raw materials and technology of production combined meat products. Monograph. Semey, Shakarim State University of Semey, 2010. — 260 p.
5. Kuderinova N.A. Development the technology of production and using of food component from bone. Thesis work for candidate of technical sciences: 05.18.04. —Semipalatinsk, Shakarim State University of Semey, 2004. —231p.
6. Patent of Republic of Kazakhstan №24479 Fine grinding machine for meat and meat-bone raw materials. Authors: Kakimov A.K., Kabulov B.B., Ibragimov N.K., Yessimbekov Zh.S., Yesmagambetov A.A.
7. Somogyi T., Holló I., Csapó J., Anton I., Holló G. Mineral content of three several muscles from six cattle genotypes. *Acta Alimentaria*, Vol. 44 (1), pp. 51–59 (2015) doi:10.1556/AAlim.44.2015.1.4.
8. Pilarczyk R. Concentrations of toxic and nutritional essential elements in meat from different beef breeds reared under intensive production systems. *Biol Trace Elem Res*, 2014, Volume 158, Issue 1, pp 36–44 doi:10.1007/s12011-014-9913-y.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Какимов Айтбек Калиевич — доктор технических наук, профессор, декан факультета информационных коммуникационных технологий, Государственный университет имени Шакарима, Республика Казахстан, 071412, г. Семей, ул. Глинки, 20А
Тел. 8 7222 35 84 66
E-mail: bibi.53@mail.ru

Кабулов Болат Бейсенгалиевич — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машины и аппараты пищевых производств» Государственный университет имени Шакарима, Республика Казахстан, 071412, г. Семей, ул. Глинки, 20А
Тел.: 8 7222 35-05-90
E-mail: bolatkabylov@mail.ru

Есимбеков Жанибек Серикбекович — PhD-докторант, Государственный университет имени Шакарима, Республика Казахстан, 071412, г. Семей, ул. Глинки, 20А
Тел.: 8 775 205 25 25
E-mail: ezhanibek@mail.ru

Кудеринова Назира Адамбековна — кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Геодезия и строительство», Государственный университет имени Шакарима, Республика Казахстан, 071412, г. Семей, ул. Глинки 20А
Тел.: 8 7222 35 84 38
E-mail: kudnazira@mail.ru

Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы.
Все авторы в равной степени участвовали в этой работе.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 15.01.2016

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Kakimov Aitbek Kalievich — Doctor of Science, Professor, Dean of the Faculty of Information Communication Technologies, Shakarim State University of Semey, Kazakhstan, Semey city, 20 A Glinki street, 071412
Ph.: 8 7222 35 84 66
E-mail: bibi.53@mail.ru

Kabulov Bolat Beisengalievich — Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department «Machines and devices of food manufactures» Shakarim State University of Semey Kazakhstan, Semey city, 20 A Glinki street, 071412
Ph.: 8 7222 35-05-90
E-mail: bolatkabylov@mail.ru

Yessimbekov Zhanibek Serikbekovich — PhD-students, Shakarim State University of Semey, Kazakhstan, Semey city, 20 A Glinki street, 071412
Ph.: 8 775 205 25 25
E-mail: ezhanibek@mail.ru

Kuderinova Nazira Adambekovna — Candidate of Engineering Sciences, Head of the Department «Geodesy and Construction» Shakarim State University of Semey, Kazakhstan, Semey city, 20 A Glinki street, 071412
Ph.: 8 7222 35 84 38
E-mail: kudnazira@mail.ru

Contribution

All authors have responsibility for the information in manuscript.
All authors involved in this work in equal parts.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 15.01.2016

INVESTIGATION OF SANITARY-HYGIENIC CHARACTERISTICS OF MULTILAYER POLYMER FILMS USED FOR VACUUM PACKAGING MODIFIED BY NATIVE ANTIMICROBIAL COMPONENTS

ИССЛЕДОВАНИЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК ДЛЯ ВАКУУМНОЙ УПАКОВКИ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПРИРОДНЫМИ АНТИМИКРОБНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Fedotova O.B., Myalenko D.M.

All-Russian Dairy Research Institute, Moscow, Russia

Ключевые слова: полимерные пленки, вакуумная упаковка, антимикробные свойства.

Keywords: polymer films, vacuum packaging, antimicrobial characteristics.

Аннотация

В работе представлены результаты научных исследований санитарно-гигиенических характеристик многослойных полимерных пленочных материалов для вакуумной упаковки, где внутренней слой, который непосредственно контактирует с пищевым продуктом модифицирован природными антимикробными компонентами.

Abstract

The results of the research works related to investigation of sanitary-hygienic characteristics of multilayer polymer film materials where the inner layer contacting directly with food product is modified by native antimicrobial components.

Введение

Развитие упаковочной отрасли привело к повышению роли упаковки в современном производстве продуктов питания. Тип и санитарное состояние упаковки признаны одними из основных факторов, влияющих на качество и продолжительность хранения расфасованной молочной продукции. Помимо обеспечения сохранности продукта от внешних загрязнений и привлекательного внешнего вида к современной упаковке предъявляются требования по активной защите содержимого.

При хранении большинства продуктов питания в происходящих с ними химических и микробиологических изменениях основную роль играет совокупность нескольких факторов: кислород, свет и температура. Наиболее доступным и распространенным приемом устранения порчи продуктов под влиянием кислорода называют упаковывание, при котором происходит вакуумное удаление кислорода. Постоянное расширение ассортимента пищевых продуктов, а также общая тенденция увеличения их сроков годности предъявляют особые требования к используемым упаковочным материалам и изготовленной из них таре. Химический состав и структура упаковочных материалов определяют не только безопасность их использования при контакте с продуктом, но и обеспечивают комплекс требуемых функциональных свойств [1, 2].

Одной из существенных проблем является подавление роста нежелательной поверхностной микрофлоры на продуктах питания. Данную проблему можно решить за счет использования сырьевых компонентов повышенной микробиологической чистоты, применением определенных стабилизирующих добавок в продуктах, применением метода асептической расфасовки. Перспективно направление, все более активно

Introduction

Development of the packaging branch resulted in improving the level of packaging in the field of food products manufacture. Type and sanitary conditions of packaging are one of the basic factors influencing the packed milk products quality and storage life. Besides of the product safety guarantee against air pollution and attractive appearance modern packaging requires active protection of its content.

During the majority of food products storage chemical and microbiological changes take place due to the complex of the following factors: oxygen, light and temperature. The most available and wide-spread method used to eliminate the products contamination under the influence of oxygen is packaging when oxygen removal takes place. The constant expansion of food products assortment as well current tendency to improve their storage life forces to make special demands to applied packaging materials and containers manufactured from them. The chemical composition and packaging materials structure specify not only safety of their usage during contact with this product but provide the complex of the required functional properties [1, 2].

One of the main problems is inhibition of undesirable surface microflora growth on food products. The mentioned problem can be tackled by usage of raw materials components with high microbial purity, usage of the specific stabilizing additives in the products and aseptic packaging method. The perspective direction being very popular nowadays abroad is usage of so called active packaging i.e. packaging influencing directly the product [3, 4].

At present Russian food particularly meat industry have no packaging materials possessing antimicrobial, antioxidant and some other properties relating to the packed product able to stabilize its safety characteristics during storage as well as prevent inhibitory development of un-

развивающееся за рубежом -использование так называемой активной упаковки, т.е. упаковки, направлено влияющей на продукт [3, 4].

В настоящее время в отечественной пищевой, частности, мясной промышленности отсутствуют упаковочные материалы, обладающие антимикробными антиоксидантными и другими свойствами по отношению к расфасованному продукту, способные стабилизировать его показатели безопасности при хранении, а также, ингибирующие развитие нежелательной микрофлоры на поверхности упаковки при ее возможном вторичном обсеменении.

Опыт работы показывает, что значительной перспективой для вакуумного упаковывания обладают полимерные пленочные материалы, в которых в качестве барьерного слоя используется полиамид, представляющий из себя инертный материал, признанный безвредным для контакта с пищевыми продуктами в нашей стране. Пакеты из данного материала обладают необходимой проницаемостью по отношению к углекислому газу и, одновременно, не пропускают пары кислорода. Существенно, что на стадии производства заготовки этих пакетов обрабатывают при высокой температуре и отправляют на дальнейшие этапы в стерилизованном виде — данный факт положительно влияет на сохранность продуктов питания в подобной упаковке [4].

Материалы и методы

В ФГБНУ «ВНИМИ» проводятся работы по созданию инновационных многослойных полимерных пленок, где внутренней слой, который непосредственно контактирует с пищевым продуктом модифицирован природными антимикробными компонентами.

В качестве антимикробного компонента нами был выбран экстракт коры березы, в котором основным действующим веществом является бетулин (бетулинол $C_{36}H_{60}O_3$) в концентрации не менее 70%.

Поскольку введение любых компонентов, улучшающих или придающих новые свойства упаковочным материалам, может привести к ухудшению свойств полимерных материалов нами были проведены исследования санитарно-гигиенических характеристик многослойных полимерных пленок, в которых внутренний слой модифицирован природными антимикробными компонентами в различной концентрации.

Образцы полимерных модифицированных полимерных пленок имеют слегка золотисто-бежевый оттенок, равномерный по всей массе изделия. На поверхности не наблюдаются трещины проколы и визуальные дефекты. По внешнему виду изделия соответствуют требованиям ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» Водные вытяжки из исследованных образцов при всех температурах и сроках экспозиции не содержат мути или осадка и не изменяют цвета. С увеличением температуры наблюдается усиление запаха вытяжек из опытных образцов пленок по сравнению с вытяжкой из контрольных образцов. Во всех случаях оценка запаха не превышает 1 балла, что соответствует требованиям Роспотребнадзора к полимерным материалам, контактирующим с пищевыми продуктами и технического регламента таможенного союза (рис. 1).

desirable microflora on the packaging surface during possible secondary contamination.

The experiment shows that polymer film materials poses the important perspective for vacuum packaging where polyamide representing inert material is used as the barrier layer being harmless for contact with food products in our country. Bags from the mentioned material possesses the required penetrability relating to carbon dioxide and simultaneously don't leak oxygen vapors. It is important that on the production stage intermediates of these bags are treated at high temperature and delivered to the further stages in sterilized form. It is influenced very positively on storage life of these products in such bags. [4].

Materials and methods

FGBNU «VNIMI» is carrying out the works covering the creation of innovative multilayer polymer films where inner layer contacting with food product is modified by native antimicrobial components.

Birch bark extract has been chosen as the antimicrobial component where betulin (betulenol $C_{36}H_{60}O_3$) is the basic active substance in the concentration not less than 70%.

Whereas introduction of any components improving or adding new properties to packing materials can result in impairing of polymer materials quality we studied sanitary-hygienic characteristics of multilayer polymer films where inner layer was modified by native antimicrobial components in different concentration.

The patterns of modified polymer films have slightly goldish-beige tint distributed evenly over the product surface. There are no crazings, punctures and visual defects on the surface. Seemingly the product corresponds to TR TC 005/2011 requirements «About Packaging Material Safety». Aqueous extracts from the studied patterns at all temperatures and exposure periods contain now slime or sediment and don't change the color. Increasing the temperature results in smell intensification of extracts from test film samples comparing to the extracts from control samples.

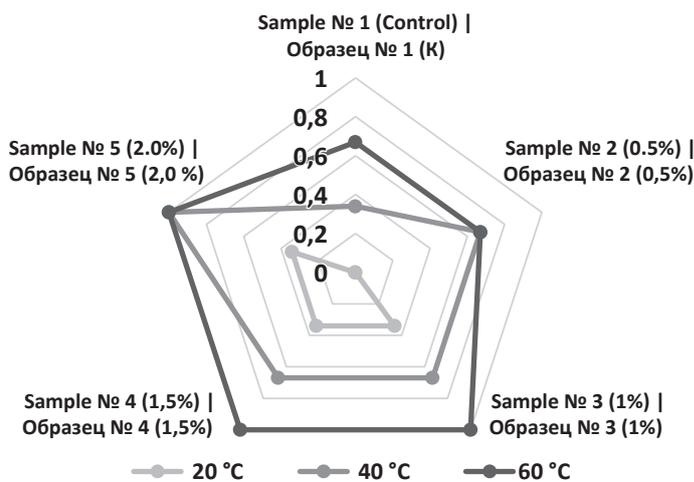


Figure 1. Organoleptic evaluation of aqueous extracts from polymer multilayer films modified by native antimicrobial components in different concentrations at different temperatures of testing and 10 days exposition

Рис. 1. Органолептическая оценка водных вытяжек из полимерных многослойных пленок, модифицированных природными антимикробными компонентами в различных концентрациях при различных температурах испытания и экспозиции 10 суток

Результаты и их обсуждение

Исследование на содержания формальдегида в водных вытяжках показало, что во всех образцах формальдегид отсутствует. Это подтверждает тот факт, что наличие в опытных образцах экстракта в концентрации до 1% не ухудшает санитарно-гигиенические показатели материала.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что увеличение концентрации экстракта в материале приводит к увеличению содержания бромлирующих веществ в водных вытяжках (рисунок 2). Это может быть связано с наличием двойной связи в строении бетулинола. Однако определяемое суммарное количество органических веществ, реагирующих с бромом, незначительно, что позволяет считать исследуемые образцы материала пригодными для использования в пищевой промышленности.

Исследование изменения состояния поверхности опытных образцов

Принятая нами за основу рабочая гипотеза говорит о том, что антимикробные вещества экстракта, постепенно выделяясь в процессе хранения из упаковочного материала, диффундируют на поверхность для активного влияния на микроорганизмы поверхностной порчи. В рамках работы над подтверждением данного предположения было принято решение о проведении ряда экспериментов для оценки состояния поверхности образцов материала, модифицированных экстрактом.

В качестве визуального подтверждения наличия экстракта на поверхности упаковочного материала, потенциально контактирующего с продуктом, были сделаны фотографии поверхности образцов пленок под микроскопом с увеличением 300 раз (рис. 3).

На полученных микроснимках было отмечено изменение поверхностной структуры полимерных пленок: при увеличении концентрации экстракта на поверхности материала более отчетливо заметны дополнительные включения в виде микрохлопьев светло-желтого цвета. Это может быть связано с усилением миграции антимикробных веществ экстракта на поверхность.

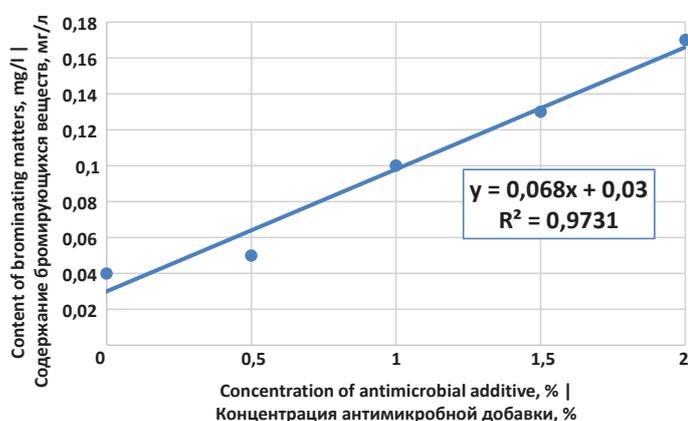


Figure 2. Content of brominating matters in aqueous extracts of the modified film tested samples

Рис. 2. Содержание бромлирующих веществ в водных вытяжках из исследованных образцов модифицированной пленки

In all cases smell evaluation doesn't exceed 1 point that corresponds to Rospotrebnadzor requirements to polymer materials contacting with food products and technical regulations of customs union (Figure 1).

Results and discussion

Studies aimed at determination of formaldehyde in aqueous extracts showed that it is absent in all samples. It confirms the fact that presence of the extract –(1% concentration) in the analyzed samples doesn't deteriorate the material sanitary-hygienic characteristics

The carried out tests showed that increase of extract concentration in the material results in increase of brominating substances in aqueous extracts (Figure 2). It can be connected with the presence of double bond in betulinol structure. However the determined total amount of organic matters contacting with bromine is insignificant that makes it possible to consider the material test samples acceptable for usage in food industry.

Studying of the surface state and the tested samples changes

The working hypothesis accepted as the basis shows that the extract antimicrobial matters extracting gradually in the process of storage from the packing material are diffused on the surface for active impact on microorganisms on surface spoiling. In the frame of this work aimed at confirming of such hypothesis the decision to carry out series of experiments to evaluate the state of samples material surface modified by the extract was made.

As visual confirmation of extract presence on the packaging material surface contacting potentially with the product the pictures of the film samples surface under a microscope with 300 times increase (Figure 3).

The received micrographs showed the structure change on polymer films surface: with the increase of extract concentration on extra enclosures of pale yellow microflakes are distinctly visible on the material surface. It may be connected with intensification of the extract antimicrobial substances migration to the surface.

In cooperation with our colleagues the infrared spectra of the developed test multilayer films modified by native antimicrobial components have been realized.

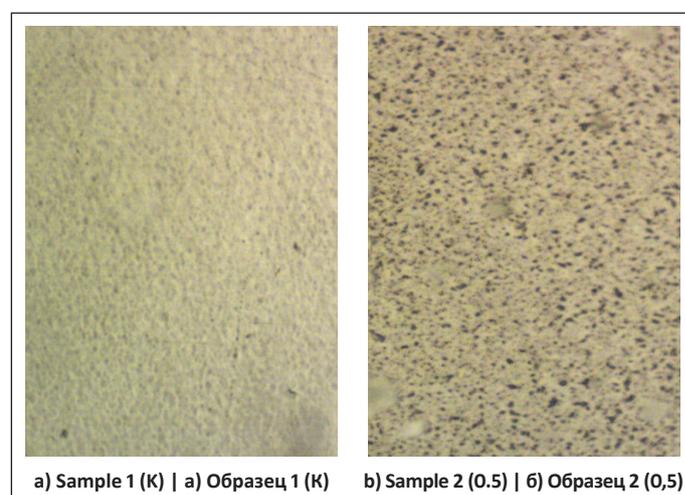
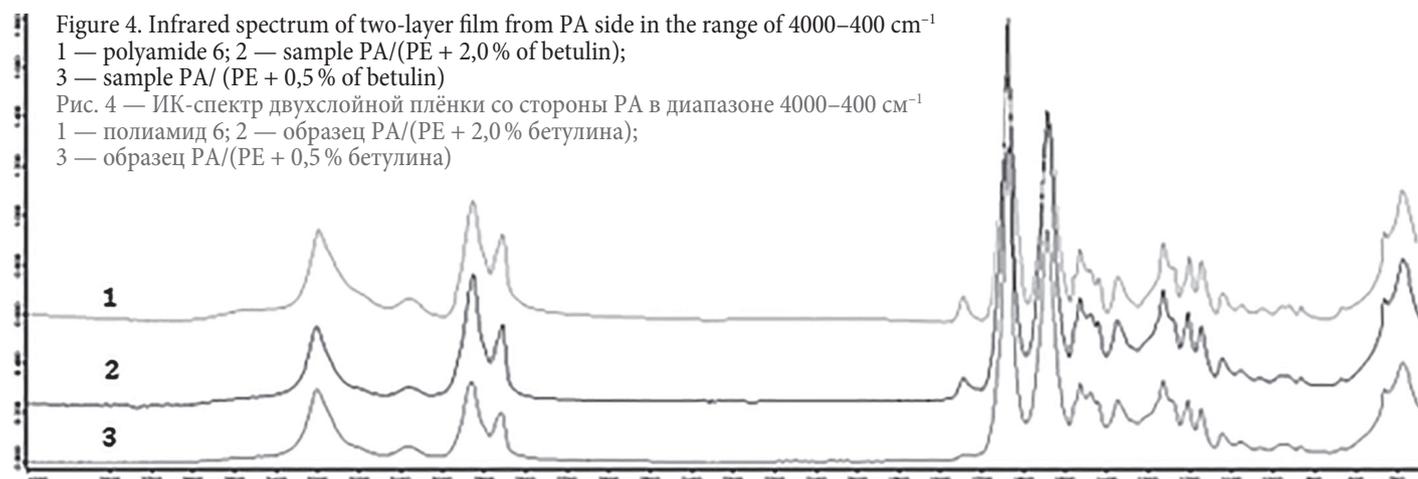


Figure 3. Micropictures of a surface of the studied samples

Рис. 3. Микроснимки поверхности исследуемых образцов



Совместно с нашими коллегами были получены ИК спектры разработанных опытных многослойных пленок, модифицированных природными антимикробными компонентами.

Качественный анализ молекулярной структуры образцов проводили с использованием метода ИК-спектроскопии фирмы Bruker. Для этого регистрировали ИК-спектры образцов пленок с различным содержанием антимикробной добавки. У исследуемых образцов проявляются линии поглощения добавки бетулина в области 880 cm^{-1} (соответствует деформации C–H в тризамещенных производных бензола) и 1030 cm^{-1} , которая соответствует деформации колебаниям C–O группы в молекуле бетулина (рис. 4 и рис. 5)

ИК спектры подтверждают полученные результаты исследований, и свидетельствуют о том, что введение природного антимикробного модификатора в диапазоне концентраций от 0 до 2,0% не оказывает негативного действия на санитарно-гигиенические характеристики исследованных многослойных полимерных пленок.

Выводы

Полученные результаты комплексного исследования свидетельствуют о том, что по исследованным показателям опытные образцы пленочных материалов соответствуют требованиям Роспотребнадзора и требованиям технического регламента Таможенного союза ТО ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» и могут быть рекомендованы для использования в мясной, молочной и пищевой отрасли.

Благодарность

Выражаем благодарность нашим коллегам из ФГБНУ «ВНИИТеК» Тарасюк В.Т. и компании «Bruker» Репникову В.В. за помощь в проведении спектральных исследований, разработанных опытных многослойных пленок, модифицированных природными антимикробными компонентами.

Figure 5. Infrared spectrum of two-layer film from the side of PE in the range of 1600–700 cm^{-1} taken from Bruker LUMOS instrument
 1 — sample PA/(PE + 0,5% of betulin);
 2 — sample PA/(PE + 2,0% of betulin)

Рис. 5 — ИК-спектр двухслойной плёнки со стороны PE в диапазоне 1600–700 cm^{-1} снятый на приборе Bruker LUMOS
 1 — образец ПА/(PE+0,5% бетулина);
 2 — образец ПА/(PE+2,0% бетулина)

The quality analysis of the samples molecular structure using infrared microscopy of Bruker company has been carried out. Infrared spectrum of films samples with different amount of antimicrobial additive was registered for the purpose. The absorption lines of bitulin additive in the area of 880 cm^{-1} (correspond to deformation of C–H in trisubstituted benzene derivatives) and C–O group in betulin molecule appeared on the test samples. (Figure 4 & Figure 5).

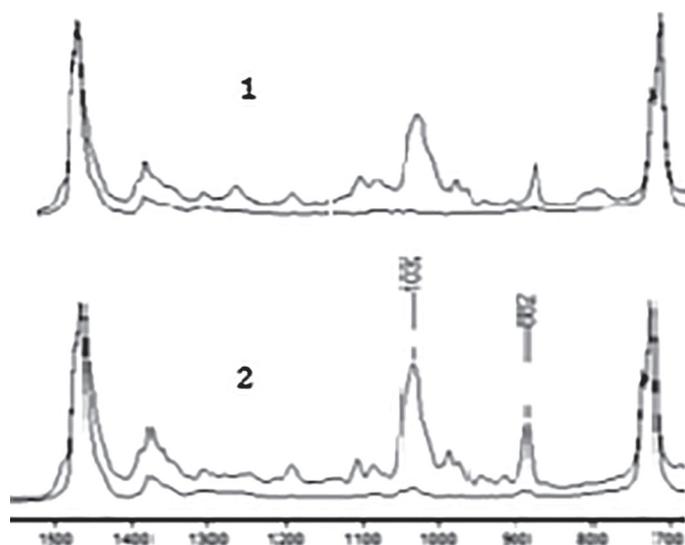
The derived infrared spectra confirm the obtained test results and indicate that introduction of native antimicrobial modifier in the concentration range from 0 to 2,0% has no negative impact on sanitary-hygienic characteristics of the tested multilayer polymer films.

Conclusions

The obtained results of the complex studies show that according to these results the tested film materials samples correspond to the requirements of the customs union TR CU 005/2011 «About Package Safety» and can be recommended for usage in meat, dairy and food branches.

Acknowledgement

We are grateful to our colleagues from FGBNU «VNIITeK» Tarasyuk V.T. and «Bruker» company Repnikov V.V. for their assistance in carrying out of spectral analysis of the developed multilayer films test samples modified by native antimicrobial components.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдель-Бари, Е.М. Полимерные пленки / под ред. Е.М. Абдель-Бари; пер. под ред. Г.Е. Заикова. — СПб.: Профессия, 2006. — 352 с.
2. Федотова, О.Б. Упаковка для молока и молочных продуктов / О.Б. Федотова. — М.: Типография Россельхозакадемии, 2005. — 80 с.
3. Ананьев, В.В. Повышение качества комбинированных материалов и дизайн упаковки / В.В. Ананьев, Ю.А. Филинская, И.А. Кириш, О.А. Банникова, А.О. Уткин // Пищевая промышленность. — 2012. — №1. — С. 16–18.
4. Федотова О.Б. «Новые антимикробные упаковки, перспективные для мясной промышленности» [текст]/О.Б. Федотова, Д.М. Мьяленко // Мясные технологии. 2015. №6 (150). С. 29–31.

REFERENCES

1. Abdel-Bari, E.M. Handbook of Plastic Films/ edited by E.M. Abdel-Bari; transl. edited by G.I. Zaikova — SPb: Profession, 2006. — 352 pp.
2. Fedotova O.B. Packaging for milk and milk products/ O.B. Fedotova — M.: Rosselkhozakademiya Printing House, 2005. — 80 pp.
3. Ananjev, V.V. Improving the quality of combined materials quality and packaging design/ V.V. Ananjev, Yu.A. Filinskaya, I.A. Kirsh, O.A. Bannikova, A.O. Utkin // Food Industry. — 2012. — No. 1. pp. 16–18
4. Fedotova O.B. «Novel antimicrobial packings for meat industry» [Text]/O.B. Fedotova, D.M. Myalenko // Meat Technologies. 2015. No. 6 (150), pp. 29–31.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Федотова Ольга Борисовна — доктор технических наук, заместитель директора по научной работе ФГБНУ «ВНИМИ» 115093 г. Москва, ул. Люсиновская, 35 корп. 7.
Тел.: раб. 8(499)2360309
E-mail: vnimi-fedotova@yandex.ru

Мьяленко Дмитрий Михайлович — кандидат технических наук, зав сектором упаковки ФГБНУ «ВНИМИ» 115093 г. Москва, ул. Люсиновская 35, корп. 7.
Тел.: раб. 8(499)2360309
E-mail: myalenskod@list.ru

Критерии авторства

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 25.04.2016

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Fedotova Olga Borisovna — doctor of technical Sciences, deputy director for scientific work of FGBNU «VNIMI», 115093 Moscow, Lyusinovskaya Str. of 35 buildings 7.
Ph.: 8(499)2360309
E-mail: vnimi-fedotova@yandex.ru

Myalenko Dmitry Mikhaylovich — PhD in technical sciences, the manager sector of packaging of FGBNU «VNIMI», 115093, Moscow, Lyusinovskaya Str. of 35 buildings 7.
Ph.: 8(499)2360309
E-mail: myalenskod@list.ru

Contribution

The authors in equal shares pertain to the manuscript way of writing and equally incur liability for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare about the absence of the conflict of interests.

Received 15.01.2016

